

Escuela Militar de Ingeniería

"Mcal. Antonio José de Sucre"

U. A. Cochabamba



ESCUELA MILITAR DE INGENIERÍA

"Mcal. Antonio José de Sucre"

Prestigio, Disciplina y Mejores Oportunidades

GUÍA DE LABORATORIO DE FÍSICA II

Estudiante :

Código :

Docente :

Carrera :

Semestre :

Gestión 2019

Índice general

Índice de figuras	IV
Índice de cuadros	VI
1. Variación de la presión con la profundidad	1
1.1. Evaluación previa	1
1.2. Competencias	1
1.3. Fundamento teórico	2
1.4. Materiales	4
1.5. Procedimiento experimental 1	4
1.5.1. Registro de datos para el procedimiento 1	5
1.6. Resultados del procedimiento 1	6
1.7. Procedimiento experimental 2	7
1.7.1. Registro de datos para el procedimiento 2	9
1.8. Resultados del procedimiento 2	9
1.9. Cuestionario	10
2. Constante elástica del resorte	11
2.1. Evaluación previa	11
2.2. Competencias	11
2.3. Fundamento teórico	11
2.4. Materiales	14
2.5. Procedimiento experimental	15
2.5.1. Registro de datos para el procedimiento 1	16
2.6. Resultados del procedimiento 1	16
2.7. Procedimiento experimental 2	18
2.7.1. Registro de datos para el procedimiento 2	21
2.8. Resultados del procedimiento 2	23

2.9. Cuestionario	26
3. Módulo de elasticidad	27
3.1. Evaluación previa	27
3.2. Competencias	27
3.3. Fundamento teórico	27
3.4. Materiales	29
3.5. Procedimiento experimental	31
3.5.1. Registro de datos y cálculos	31
3.6. Resultados	32
3.7. Cuestionario	33
4. Dilatación lineal	35
4.1. Evaluación previa	35
4.2. Competencias	35
4.3. Fundamento teórico	35
4.4. Materiales	36
4.5. Procedimiento experimental, dilatación lineal en función de la temperatura	36
4.5.1. Registro de datos, dilatación lineal en función de la temperatura	37
4.6. Resultados de la dilatación lineal con el cambio de la temperatura	38
4.7. Procedimiento experimental, dilatación lineal y longitud inicial	39
4.7.1. Registro de datos de la dilatación lineal en función a la longitud inicial	40
4.8. Resultados de la dilatación lineal con la longitud inicial	40
4.9. Cuestionario	41
5. Medida del Calor Especifico de un Solido	42
5.1. Evaluación previa	42
5.2. Competencias	42
5.3. Fundamento teórico	42
5.4. Materiales	43
5.5. Procedimiento experimental y registró de datos	43
5.5.1. Primera fase: determinación del calor especifico del calorímetro	43
5.5.2. Segunda fase: determinación de la capacidad de los sólidos	44
5.6. Cuestionario	46

6. Ondas Estacionarias en una Cuerda	47
6.1. Evaluación previa	47
6.2. Competencias	47
6.3. Fundamento teórico	47
6.4. Materiales	50
6.5. Procedimiento experimental 1	51
6.5.1. Registro de datos para el procedimiento 1	51
6.6. Resultados del procedimiento 1	52
6.7. Procedimiento experimental 2	53
6.7.1. Registro de datos para el procedimiento 2	55
6.8. Resultados del procedimiento 2	55
6.9. Cuestionario	57
7. Sonido	58
7.1. Evaluación previa	58
7.2. Competencias	58
7.3. Fundamento teórico	59
7.4. Materiales	61
7.5. Procedimiento Experimental	61
7.5.1. Medición de frecuencias	61
7.5.2. Superposición de ondas sonoras	62
7.5.3. Determinación de la velocidad del sonido en el aire	62
7.6. Resultados	64
7.6.1. Superposición de ondas	65
7.6.2. Velocidad del sonido	65
7.7. Cuestionario	65
8. Medida de Ruido	66
8.1. Evaluación previa	66
8.2. Competencias	66
8.3. Fundamento teórico	66
8.4. Materiales	67
8.5. Procedimiento experimental	68
8.5.1. Registro de datos y cálculos	68
8.6. Resultados	70
8.7. Cuestionario	70

Índice de figuras

1.1. Fuerza aplicada sobre una superficie	2
1.2. Fuerzas ejercidas sobre el elemento de volumen	3
1.3. Tanque con líquido	3
1.4. Esquema de montaje para la variación de la presión con la profundidad, procedimiento 1	5
1.5. Diferencia de presión en función de la profundidad	7
1.6. Esquema de montaje para la variación de la presión con la profundidad, procedimiento 2	8
1.7. Presión en función de la profundidad	9
2.1. Comportamiento de la fuerza deformadora F y el desplazamiento x	12
2.2. Combinación de resortes en paralelo	13
2.3. Combinación de resortes en serie	14
2.4. Esquema de montaje para la constante elástica del resorte	15
2.5. Fuerza tensora en función del alargamiento	17
2.6. Fuerza compresora en función del alargamiento	17
2.7. Esquema de montaje para determinar la constante k del resorte, procedimiento 2 . . .	20
2.8. Combinación en serie de dos resortes de constantes k_1 y k_2	20
2.9. Combinación en paralelo de dos resortes de constantes k_1 y k_2	21
2.10. Fuerza en función del alargamiento, resorte 1	23
2.11. Fuerza en función del alargamiento, resorte 2	23
2.12. Fuerza en función del alargamiento, combinación en serie	25
2.13. Fuerza en función del alargamiento, combinación en paralelo	25
3.1. Alambre sometido a un esfuerzo por tensión	28
3.2. Comportamiento del esfuerzo en función de la deformación unitaria	29
3.3. Esquema de montaje para el Módulo de Young	30
3.4. Variación del esfuerzo en función de la deformación unitaria	33
4.1. Esquema de montaje para la dilatación lineal de una varilla	37

4.2. Dilatación lineal en función del cambio de la temperatura	38
4.3. Diatación lineal en función de la longitud inicial	40
6.1. Tres primeros modos de vibración	49
6.2. Esquema de montaje para ondas estacionarias, procedimiento 1	50
6.3. Longitud de onda en función de la tensión, procedimiento 1	52
6.4. Esquema de montaje para ondas estacionarias, procedimiento 2	54
6.5. Longitud de onda en función de la tensión, procedimiento 2	55
7.1. Sensor micrófono	59
7.2. Onda sonora senoidal	60
7.3. Superposición de dos ondas con diferentes frecuencias	60
7.4. Materiales para la práctica ondas sonoras	62
7.5. Señal de las ondas: chasquido y primer eco	64
8.1. Materiales para la práctica medición de ruido	68

Índice de cuadros

1.1. Datos de la profundidad h y la diferencia de altura H en el manómetro	6
1.2. Datos de la profundidad h y la diferencia de presión	6
1.3. Datos de la profundidad h y la presión	9
2.1. Datos de la longitud x para cada masa tensora	16
2.2. Datos de la longitud x para cada masa tensora	16
2.3. Datos de fuerza por tensión y su respectivo alargamiento.	17
2.4. Datos de fuerza por compresión y su respectivo alargamiento	17
2.5. Datos de alargamientos x para fuerzas tensoras, resorte 1	22
2.6. Datos de alargamientos x para fuerzas tensoras, resorte 2	22
2.7. Datos de alargamientos x para fuerzas tensoras. Combinación en serie	22
2.8. Datos de alargamientos x para fuerzas tensoras. Combinación en paralelo	22
3.1. Deformación ΔL para cada masa tensora	32
3.2. Valores del esfuerzo y la deformación unitaria	32
4.1. Variación de la temperatura y dilatación de la longitud	38
4.2. Dilatación lineal, y la longitud L	40
5.1. Datos del calor específico del calorímetro	44
5.2. Datos para la capacidad de los sólidos	45
6.1. Datos de la tensión en la cuerda y la distancia entre dos nodos consecutivos	52
6.2. Datos de la tensión en la cuerda y la longitud de onda, procedimiento 1	52
6.3. Datos de la tensión en la cuerda y la distancia entre nodo a nodo, procedimiento 2	55
6.4. Datos de la tensión en la cuerda y la longitud de onda, procedimiento 2	55
7.1. Periodo y cálculo de frecuencias de diferentes fuentes sonoras	63
7.2. Periodo y cálculo de frecuencias de diferentes fuentes sonoras	63
7.3. Tiempos de chasquido-eco para la obtención de la velocidad del sonido	64

7.4. Parámetros de la función de onda sonora	65
8.1. Datos del nivel sonoro en función del tiempo	69

Variación de la presión con la profundidad

1.1 Evaluación previa

1. ¿Cómo se define la densidad de un material?, ¿Existe algún instrumento para medir la densidad de un fluido?.
2. ¿Cuál es la densidad del agua en el sistema internacional?
3. ¿Qué estudia la hidrostática?, ¿Cuál es su ecuación fundamental?
4. Explicar el principio de Arquímedes.
5. ¿Por qué flota un barco en el agua?
6. Explicar el principio de Pascal.
7. ¿Para qué sirve un manómetro?

1.2 Competencias

- Encontrar la relación funcional entre la presión y la profundidad en un fluido en reposo.
- Determinar la densidad del fluido en el tanque.

1.3 Fundamento teórico

La hidrostática es el estudio de los fluidos (para este caso, líquidos) en reposo, por ejemplo un líquido contenido en un recipiente. El líquido ejerce presión sobre todas las paredes del recipiente que lo contiene y es igual a:

$$p = \frac{dF_N}{dA} \quad (1.1)$$

donde dF_N es la fuerza aplicada perpendicular a la superficie dA , como se observa en la Figura 1.1. Un instrumento para medir la presión de fluidos son los manómetros, estos instrumentos generalmente determinan la presión relativa (manómetro de tubo en U), es decir la diferencia entre la presión del fluido

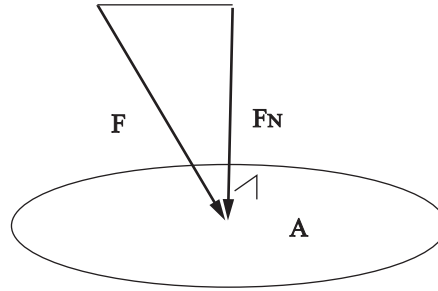


Figura 1.1: Fuerza aplicada sobre una superficie

y la presión local (atmosférica). Una unidad de presión muy utilizada es la atmósfera, pero en el Sistema Internacional la unidad es el Pascal: $1 \text{ atm} = 101325 \text{ Pa}$

Para estudiar la variación de la presión en función de la profundidad en un fluido en reposo, se considera un pequeño elemento de volumen totalmente sumergido en un fluido a una distancia y por debajo del nivel de referencia. En la Figura 1.2 se observan las fuerzas ejercidas por el fluido sobre el elemento diferencial de volumen en forma de disco, de espesor dy y cuyas superficies circulares tienen un área A . Las fuerzas horizontales sobre las caras laterales por simetría se cancelan. Sin embargo, las fuerzas verticales son equilibradas por el peso del diferencial de volumen.

Utilizando la segunda ley de Newton para la fuerza resultante vertical, y según la Figura 1.2, se tiene:

$$pA - (p + dp)A + (dm)g = 0 \quad (1.2)$$

donde $dm = \rho dV$, al mismo tiempo $dV = A dy$, entonces la ecuación 6.2 se puede escribir:

$$dp = \rho g dy \quad (1.3)$$

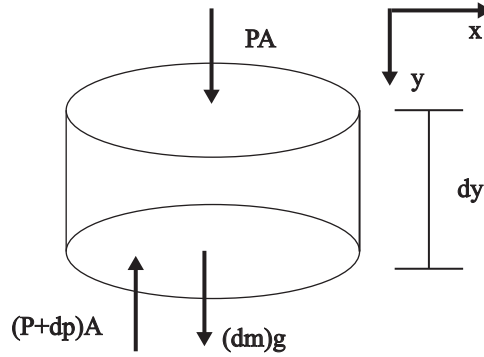


Figura 1.2: Fuerzas ejercidas sobre el elemento de volumen

La ecuación 6.3 expresa el cambio de la presión en función de la profundidad y . En la Figura 6.3 se muestra un recipiente que contiene un fluido incomprensible. El diferencial de volumen está a una profundidad $y = h$, y presión P_y , asimismo, en la superficie superior del recipiente, la presión P_0 es debido a la columna de gas de la atmósfera.

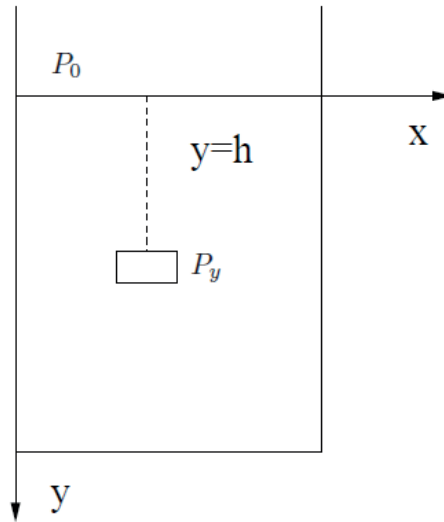


Figura 1.3: Tanque con líquido

Para conocer la presión absoluta a la profundidad h , se resuelve la ecuación 6.3:

$$\int_{p_0}^{p_y} dp = \int_0^{y=h} pgdy \quad (1.4)$$

entonces,

$$p_y = p_0 + pgh \quad (1.5)$$

o en términos de diferencia de presión o presión manométrica:

$$\Delta p = pgh \quad (1.6)$$

La ecuación 6.5 indica que la presión es la misma en todos los puntos situados a una misma profundidad, independiente de la forma del recipiente.

Si se aplica una presión externa P , esta presión se transmite o propaga íntegramente a toda la región del fluido, y a las paredes del recipiente que lo contiene; este resultado fue enunciado por Blass Pascal, y se conoce como principio de Pascal.

1.4 Materiales

Procedimiento 1	Procedimiento 2
Manómetro	Sensor de presión de gas
Tanque con líquido (agua)	Tanque con líquido (agua)
Regla milimetrada	Regla milimetrada
Sonda manométrica	Sonda manométrica
Jeringa	Jeringa
Líquido manométrico (alcohol)	Líquido manométrico (alcohol)
Juego de mangueras	Densímetros
Densímetros	Interfaz y programa LoggerPro
Nivel de burbuja	Nivel de burbuja

1.5 Procedimiento experimental 1

En la Figura 1.4 se muestra el esquema de montaje para el procedimiento 1

1. Medir la densidad del líquido manométrico con un densímetro apropiado, asimismo la densidad del líquido en el tanque.
2. Nivelar el recipiente de vidrio con un nivel de burbuja.
3. Colocar la sonda manométrica al tanque.
4. Con ayuda de una jeringa colocar el líquido manométrico al manómetro hasta una altura que permita registrar los datos necesarios (seguir las instrucciones del docente).
5. Con la regla del tanque, establecer el nivel de referencia ($h = 0$) del agua en el tanque.
6. Colocar la sonda manométrica en el nivel superior del líquido del tanque.

1.5 Procedimiento experimental 1

7. Introducir la sonda manométrica una profundidad h , por ejemplo de 3 o 4 cm, y nivelar la membrana que se forma en la sonda manométrica con ayuda de la jeringa.
8. Medir la diferencia de alturas H en el manómetro, ver Figura 1.4.
9. Repetir los pasos 7 y 8 para diferentes profundidades (pasos de 3 o 4 cm), hasta llegar al límite de medición en la escala manométrica (Recordar que para cada paso de profundidad, se debe nivelar la burbuja).

Advertencia: Si se sobrepasa la escala del manómetro, el líquido manométrico saldrá disparado por el extremo abierto

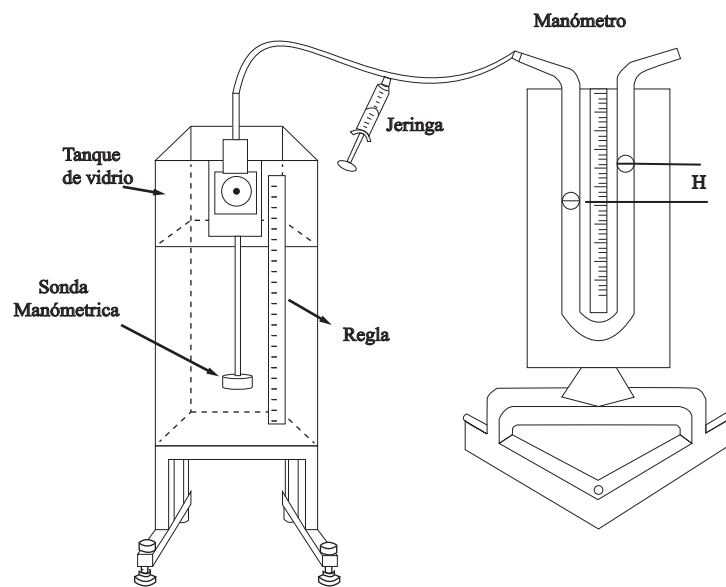


Figura 1.4: Esquema de montaje para la variación de la presión con la profundidad, procedimiento 1

1.5.1 Registro de datos para el procedimiento 1

La densidad del líquido manométrico es:

--

En la Tabla 8.1 registrar las diferencias de altura H que se producen en el manómetro para cada profundidad h en el tanque.

N	$h[m]$	$H[m]$
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		

Cuadro 1.1: Datos de la profundidad h y la diferencia de altura H en el manómetro

1.6 Resultados del procedimiento 1

Con los valores de H de la Tabla 8.1, y utilizando la ecuación 6.6 (donde la densidad corresponde al del líquido manométrico) completar la Tabla 7.2

N	$h[m]$	$\Delta P[Pa]$
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		

Cuadro 1.2: Datos de la profundidad h y la diferencia de presión

En la Figura 1.5, graficar los datos de la Tabla 7.2

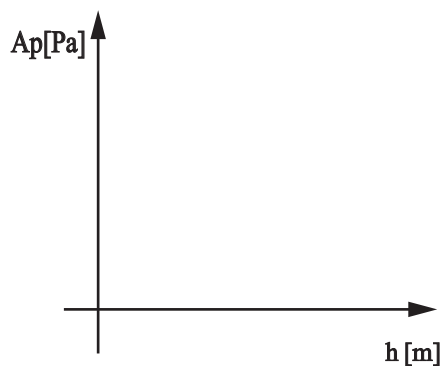


Figura 1.5: Diferencia de presión en función de la profundidad

Según la curva de ajuste de la Figura 1.5, el modelo de ajuste es:

Con el método de mínimos cuadrados, encontrar los parámetros de ajuste.

$A =$ $B =$ $r =$

Por tanto, el modelo de ajuste es:

Comparando la ecuación 6.6 y el modelo escogido, el valor de la densidad del fluido es:

1.7 Procedimiento experimental 2

1. Repetir los pasos 2, 3, 5 y 6 del procedimiento 1.
2. Medir la densidad del líquido del tanque con el densímetro adecuado.

3. Conectar la manguera de la sonda manométrica al sensor de presión de gas, y ésta a la interfaz, y la interfaz a la computadora (ver Figura 1.6).
4. Abrir el programa LoggerPro, preparar para la adquisición de datos (seguir las instrucciones del docente).
5. Introducir la sonda manométrica a una profundidad h , por ejemplo 4 o 5 cm, y luego adquirir los datos de la presión (seguir las instrucciones del docente).
6. Repetir el paso anterior para diferentes profundidades (pasos de 4 o 5 cm). Recuerde que para cada paso de profundidad, se debe tener la burbuja en el nivel horizontal respecto a la sonda introducida en el agua.

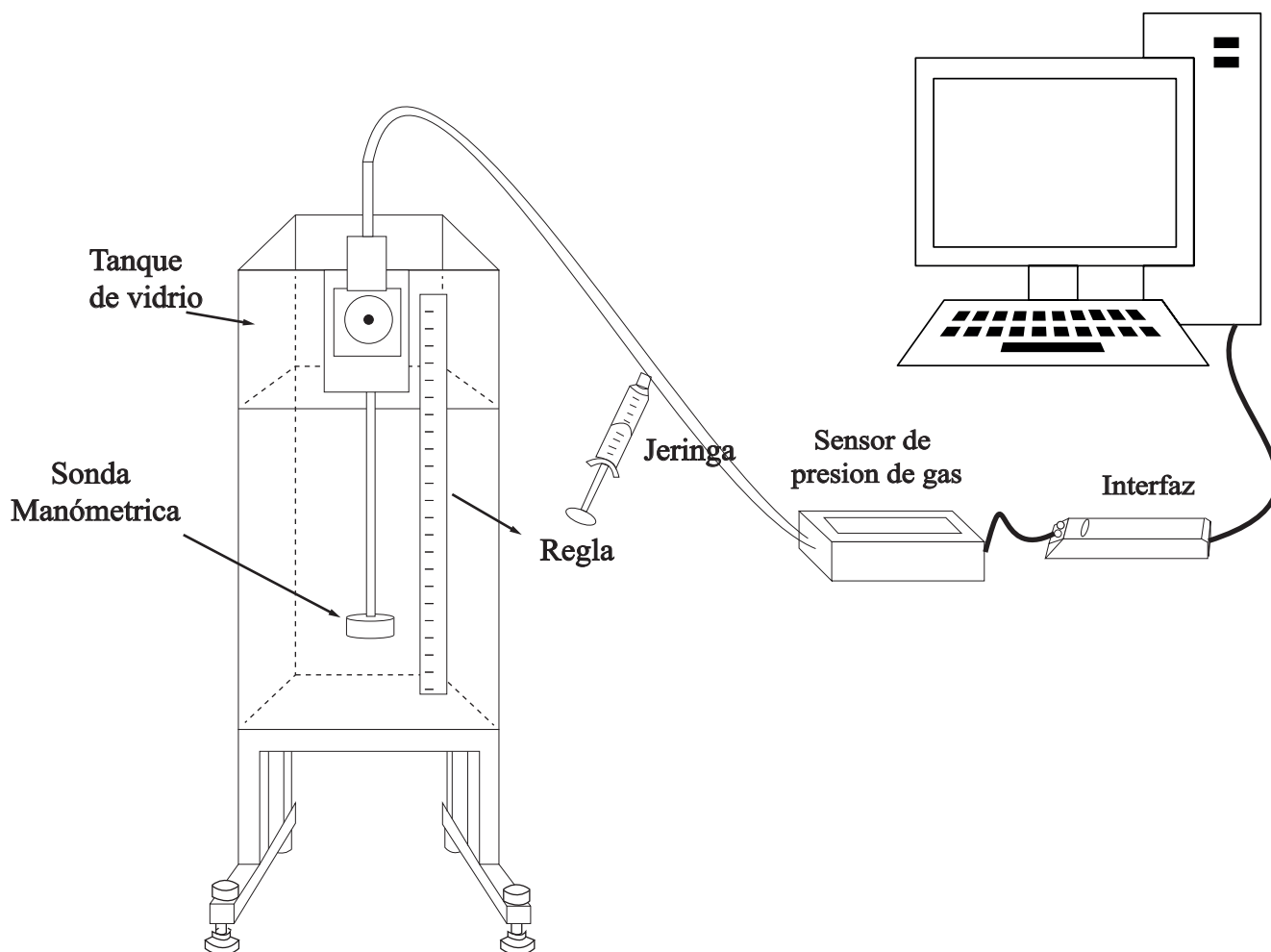


Figura 1.6: Esquema de montaje para la variación de la presión con la profundidad, procedimiento 2

1.7.1 Registro de datos para el procedimiento 2

En la Tabla 7.3 registrar los valores de la presión absoluta para cada profundidad h

N	$h[m]$	$P[Pa]$
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		

Cuadro 1.3: Datos de la profundidad h y la presión

1.8 Resultados del procedimiento 2

En la Figura 1.7, graficar los datos de la Tabla 7.3.

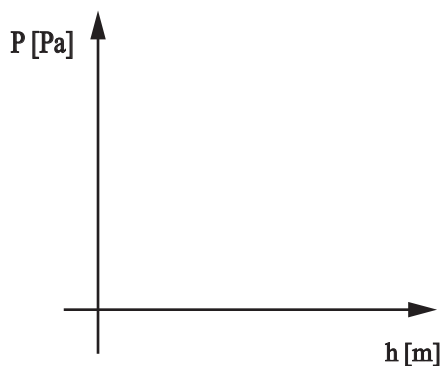


Figura 1.7: Presión en función de la profundidad

Según la curva de ajuste de la Figura 1.7, el modelo de ajuste es:

Con el método de mínimos cuadrados, encontrar los parámetros de ajuste.

$A =$
$B =$
$r =$

Por tanto, el modelo de ajuste es:

--

Comparando la ecuación 6.5 y el modelo escogido, el valor de la densidad del fluido es:

--

1.9 Cuestionario

Para el procedimiento 1:

1. Encontrar la diferencia porcentual entre las densidades del líquido en el tanque, medidas con el densímetro y por el método de mínimos cuadrados.
2. ¿Por qué no entra el agua en la sonda manométrica al introducirla en el recipiente con agua? Explicar.
3. Determinar la presión en el fondo del recipiente de agua. Sugerencia: Medir la altura del agua en el recipiente y calcular la presión teóricamente.
4. (Responder solo si se ha realizado el procedimiento 1) La sonda manométrica solo puede introducirse una profundidad h en el recipiente debido a que el líquido manométrico llega al límite superior en uno de los lados. Si se quiere introducir la sonda manométrica hasta el fondo del recipiente utilizando el mismo manómetro. ¿Qué densidad debería tener el líquido manométrico?
5. Si en el recipiente del equipo reemplazamos el agua por agua salada. ¿A una determinada profundidad la presión aumenta, disminuye o se mantiene? Justificar su respuesta.

Constante elástica del resorte

2.1 Evaluación previa

1. ¿Qué significa físicamente la constante elástica de un resorte?, ¿Que unidad tiene en el Sistema Internacional?
2. ¿Qué significa el signo negativo de la fuerza de restitución del resorte?
3. ¿La fuerza de restitución del resorte es del tipo conservativo o no conservativo? Explicar.
4. ¿Qué significa que un resorte tenga una constante elástica de gran magnitud?
5. ¿El valor de la constante elástica depende si el resorte está siendo comprimido o estirado?

2.2 Competencias

- Verificar la ley de Hooke en resortes.
- Determinar la constante elástica de resortes por tensión y compresión.
- Determinar la constante elástica k equivalente, de dos resortes combinados en serie y en paralelo.

2.3 Fundamento teórico

La ley de Hooke expresa la proporcionalidad lineal entre la fuerza F aplicada sobre un resorte (por tensión o compresión) y la deformación x .

$$F = kx \quad (2.1)$$

La constante de proporcionalidad k se denomina constante elástica del resorte, y en el Sistema Internacional tiene unidades de $[N/m]$. La Ley de Hooke tiene validez (ecuación 2.1), si no se ha superado el límite elástico del resorte.

En la Figura 2.1 se observa la relación entre la fuerza deformadora y la deformación del resorte. En (2.1.a) no existe fuerza deformadora y el resorte se encuentra en su posición de equilibrio. En (2.1.b) la fuerza actúa hacia la derecha ocasionando un desplazamiento en la misma dirección (alargamiento), y en (2.1.c) la fuerza actúa hacia la izquierda ocasionando un desplazamiento hacia la izquierda (compresión). Observe que en cada caso la fuerza que ejerce el resorte, llamada fuerza restauradora F_r , según el principio de acción y reacción es igual en magnitud y dirección a la fuerza deformadora, pero actúa en sentido opuesto ($F = -F_r$). En otras palabras, la fuerza restauradora siempre está dirigida hacia la posición de equilibrio (no deformada) del resorte.

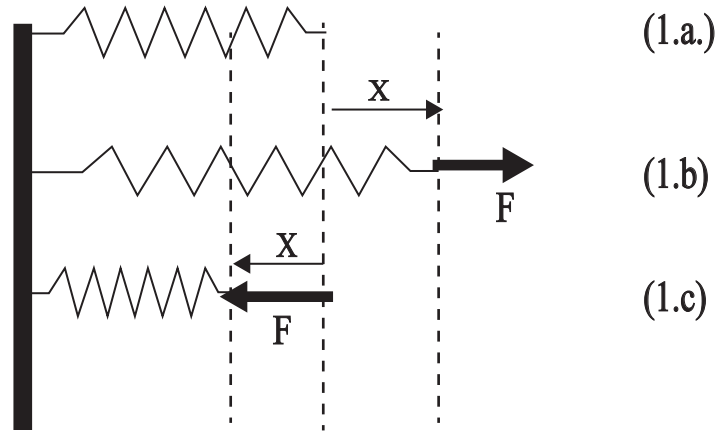


Figura 2.1: Comportamiento de la fuerza deformadora F y el desplazamiento x

Cuando dos o más resortes están en una combinación en paralelo o en serie, es posible encontrar la constante equivalente de la combinación.

En la Figura 2.2 se observa una combinación en paralelo de dos resortes con constantes elásticas k_1 y k_2 . La constante elástica equivalente de estos dos resortes se obtiene por medio de la fuerza resultante y la ley de Hooke.

$$F_{ext} = F_T = F_1 + F_2 = k_{eq} \quad (2.2)$$

donde:

$$x_T = x_1 = x_2 = x \quad (2.3)$$

$$F_1 = k_1 x \quad (2.4)$$

$$F_2 = k_2 x \quad (2.5)$$

Reemplazando las ecuaciones 2.4 y 2.5 en la ecuación 2.2 se llega a la expresión de la constante elástica equivalente de dos resortes combinados en paralelo:

$$k_{eq} = k_1 + k_2 \quad (2.6)$$

En la Figura 2.3 se muestra la combinación en serie de dos resortes de constantes elásticas k_1 y k_2 , y de longitudes iniciales L_{01} y L_{02} . En esta combinación, se cumple:

$$x_T = x_1 + x_2 \quad (2.7)$$

$$F_{ext} = F_r = F_1 + F_2 = F \quad (2.8)$$

Utilizando la Ley de Hooke y las ecuaciones 2.7 y 2.8 se encuentra la expresión para la constante del resorte equivalente de dos resortes combinados en serie.

$$\frac{1}{k_{eq}} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} \quad (2.9)$$

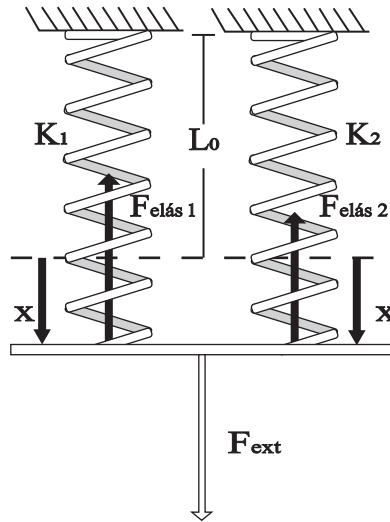


Figura 2.2: Combinación de resortes en paralelo

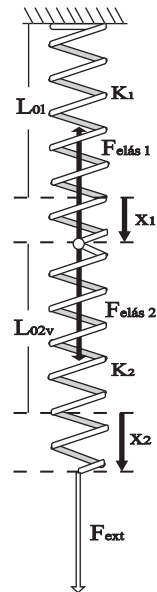


Figura 2.3: Combinación de resortes en serie

2.4 Materiales

En la Figura 2.4 se muestran los materiales para el procedimiento 1

Procedimiento 1	Procedimiento 2
Soporte del equipo	Sensor de fuerza Vernier
Resortes	Resortes
Regla	Regla
Juego de masas	Soporte y cilindro para colgar los resortes
Portamasas	Soporte del equipo
Nivel de burbuja	Computadora
	Interfaz y programa LoggerPro

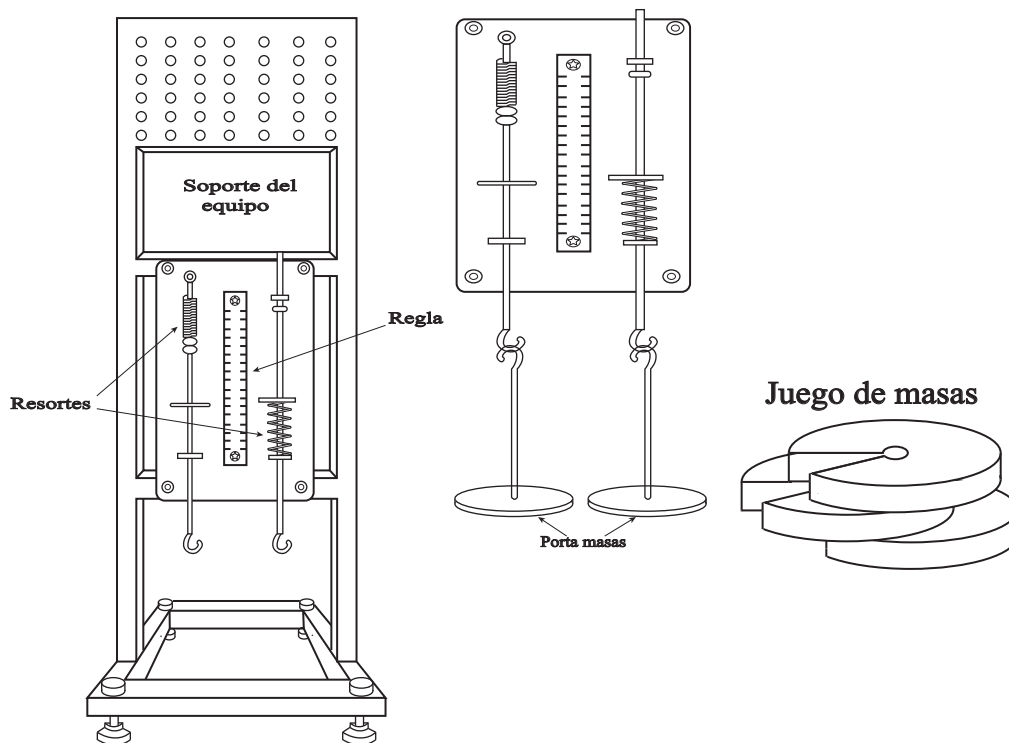


Figura 2.4: Esquema de montaje para la constante elástica del resorte

2.5 Procedimiento experimental

Fuerza por tensión

1. Con los tornillos de apoyo y el nivel de burbuja, nivelar el soporte del equipo al plano horizontal.
2. Colocar el porta masas en el extremo inferior del resorte, evitar la oscilación del porta masas.
3. Fijar y registrar un nivel de referencia x_0 en la regla del equipo, a partir del cual se medirá el estiramiento del resorte.
4. Añadir masas en el porta masas desde 100 gr. hasta 600 gr. con pasos de 100 gr., y con la regla del equipo registrar los estiramientos que producen las diferentes masas en cada paso

Fuerza por compresión

1. Repetir los pasos 2 y 3 del procedimiento anterior.
2. Añadir masas en el porta masas desde 200 gr. hasta 1000 gr. con pasos de 200 gr., y con la regla del equipo registrar la compresión del resorte que originan las diferentes masas en cada paso

2.5.1 Registro de datos para el procedimiento 1

Escribir los valores del nivel de referencia x_{0t} para las fuerzas por tensión y x_{0c} para fuerzas por compresión:

$x_{0t} =$

$x_{0c} =$

En las Tablas 8.1 y 7.2 anotar las posiciones de estiramiento y compresión de los resortes.

N	m [kg]	x [m]
1		
2		
3		
4		
5		
6		

Cuadro 2.1: Datos de la longitud x para cada masa tensora

N	m [kg]	x [m]
1		
2		
3		
4		
5		
6		

Cuadro 2.2: Datos de la longitud x para cada masa tensora

2.6 Resultados del procedimiento 1

Con los datos de las Tablas 8.1 y 7.2, determinar las fuerzas¹ y las deformaciones respectivas, y completar las Tablas 7.3 y 7.4, donde:

$$\Delta x_t = x - x_{0t} \quad \text{Deformación por tensión} \quad (2.10)$$

$$\Delta x_c = x - x_{0c} \quad \text{Deformación por compresión} \quad (2.11)$$

¹La fuerza es $F = mg$, donde $g = 9,78 \text{ m/s}^2$

2.6 Resultados del procedimiento 1

N	F = mg [N]	Δx_t [m]
1		
2		
3		
4		
5		
5		

Cuadro 2.3: Datos de fuerza por tensión y su respectivo alargamiento.

N	F = mg [N]	Δx_c [m]
1		
2		
3		
4		
5		
5		

Cuadro 2.4: Datos de fuerza por compresión y su respectivo alargamiento

En las Figuras 2.5 y 2.6 graficar las Tablas 7.3 y 7.4, fuerza en función de la deformación.

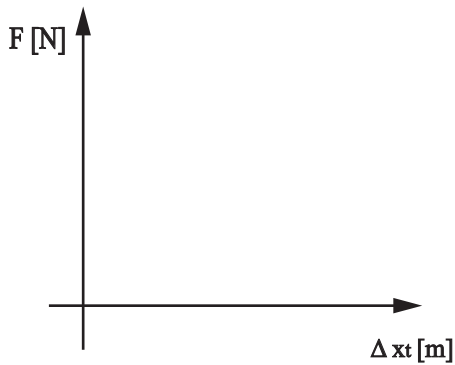


Figura 2.5: Fuerza tensora en función del alargamiento

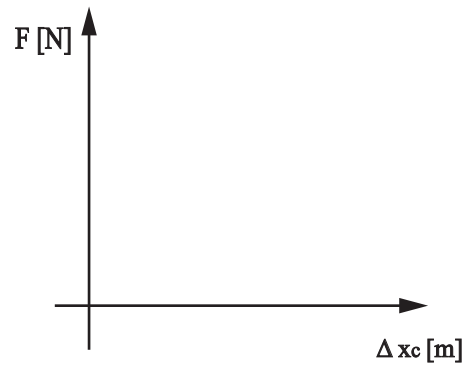


Figura 2.6: Fuerza compresora en función del alargamiento

Fuerza por tensión Según la curva de ajuste de la Figura 2.5, el modelo de ajuste es:

Con el método de mínimos cuadrados, encontrar los parámetros del modelo escogido:

$A =$

$B =$

$r =$

Entonces, con los valores de los parámetros, la ecuación de ajuste escogida es:

Comparando la ecuación ?? con el modelo de ajuste escogido (despreciando el parámetro A), determinar el valor de la constante elástica por tensión con su respectivo error:

$k =$

Fuerza por compresión

Según la curva de ajuste de la Figura 2.6, el modelo de ajuste es:

Con el método de mínimos cuadrados, encontrar los parámetros del modelo escogido:

$A =$

$B =$

$r =$

Entonces, con los valores de los parámetros, la ecuación de ajuste escogida es:

Comparando la ecuación ?? con el modelo de ajuste escogido (despreciando el parámetro A), determinar el valor de la constante elástica por compresión con su respectivo error:

$k =$

2.7 Procedimiento experimental 2

Con este procedimiento se verificarán las combinaciones en serie y en paralelo de dos resortes, para ambos casos, primero se determinará las constantes elásticas de cada resorte por una fuerza tensora.

Fuerza por tensión

En la Figura 2.7 se muestra el esquema del montaje.

1. Suspender el resorte a una varilla que servirá de punto fijo.
2. Colocar una regla paralela al resorte suspendido.
3. Conectar el sensor de fuerza a la interfaz, y está a la computadora, luego colocar el sensor de fuerza en el extremo inferior del resorte.
4. Con el sensor de fuerza colgado, fijar un punto de referencia.
5. Abrir el programa LoggerPro, y configurar para la adquisición de datos (seguir las instrucciones del docente).
6. Con el sensor de fuerza, estirar el resorte, por ejemplo 3 o 4 cm medidos desde el punto de referencia e inmediatamente realizar la medición de la fuerza (seguir las instrucciones del docente).
7. Repetir el paso anterior, pero incrementando el estiramiento en pasos de 3 o 4 cm, y en cada caso realizar la medición de la fuerza.

Dos resortes en serie

1. Colgar dos resortes uno seguido de otro, ver Figura 2.8
2. Colocar una regla paralela a la combinación en serie
3. Conectar el sensor de fuerza a la interfaz, y está a la computadora, luego colocar el sensor de fuerza en el extremo inferior de la combinación en serie.
4. Repetir los pasos 4, 5, 6 y 7 del anterior caso, es decir fuerza por tensión, procedimiento 2

Dos resortes en paralelo

1. Colgar dos resortes (del mismo tamaño) en una misma varilla, asimismo, la parte inferior de los resortes debe estar sujetas a una varilla, ver Figura 2.9.
2. Colocar el sensor de fuerza en la parte central de la varilla inferior.
3. Colocar una regla paralela a la combinación en paralelo.

4. Conectar el sensor de fuerza a la interfaz, y está a la computadora, luego colocar el sensor de fuerza en el extremo inferior de la combinación en paralelo
5. Si consideramos a la combinación como un solo resorte, entonces podemos repetir los pasos del procedimiento 2, fuerza por tensión

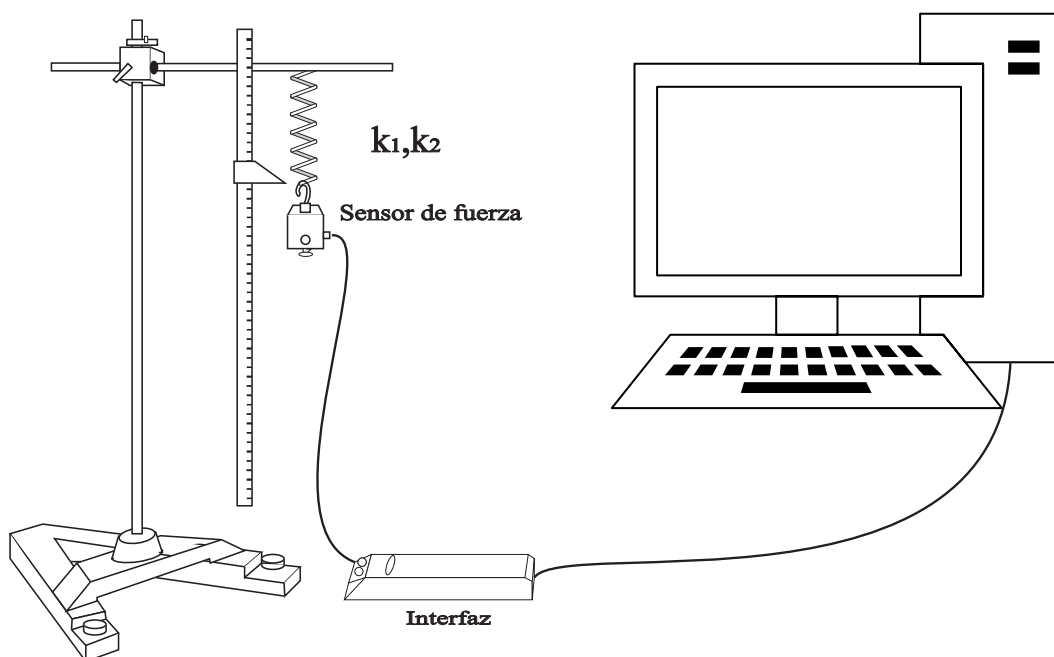


Figura 2.7: Esquema de montaje para determinar la constante k del resorte, procedimiento 2

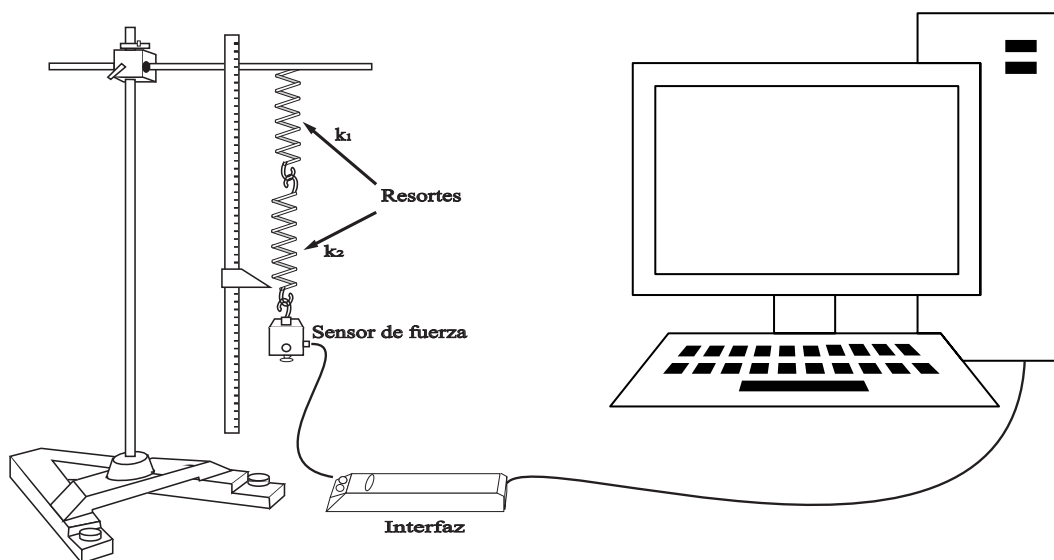


Figura 2.8: Combinación en serie de dos resortes de constantes k_1 y k_2

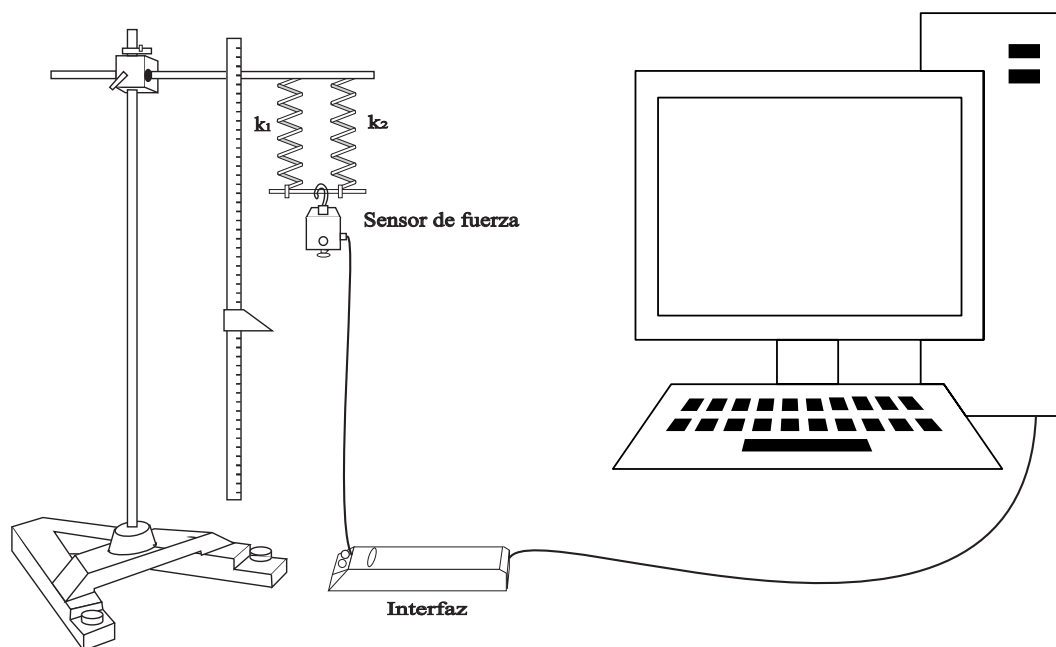


Figura 2.9: Combinación en paralelo de dos resortes de constantes k_1 y k_2

2.7.1 Registro de datos para el procedimiento 2

Fuerza por tensión

En la Tabla 2.5 registrar los alargamientos x producidos por las diferentes fuerzas para el resorte ,
asimismo en la Tabla 2.6 para el resorte 2

2.7 Procedimiento experimental 2

N	m [kg]	x [m]
1		
2		
3		
4		
5		
6		

Cuadro 2.5: Datos de alargamientos x para fuerzas tensoras, resorte 1

N	m [kg]	x [m]
1		
2		
3		
4		
5		
6		

Cuadro 2.6: Datos de alargamientos x para fuerzas tensoras, resorte 2

Combinación en serie y paralelo

Para determinar la constante equivalente k_{eq} de una combinación en serie y en paralelo de dos resortes, completar las Tablas 2.7 y 2.8, donde x es el alargamiento del resorte para cada fuerza tensora.

N	m [kg]	x [m]
1		
2		
3		
4		
5		
6		

Cuadro 2.7: Datos de alargamientos x para fuerzas tensoras. Combinación en serie

N	m [kg]	x [m]
1		
2		
3		
4		
5		
6		

Cuadro 2.8: Datos de alargamientos x para fuerzas tensoras. Combinación en paralelo

2.8 Resultados del procedimiento 2

En las Figuras 2.10 y 2.11 graficar las Tablas 2.5 y 2.6, fuerza en función del alargamiento.

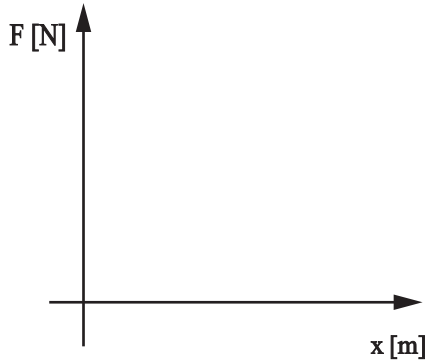


Figura 2.10: Fuerza en función del alargamiento, resorte 1

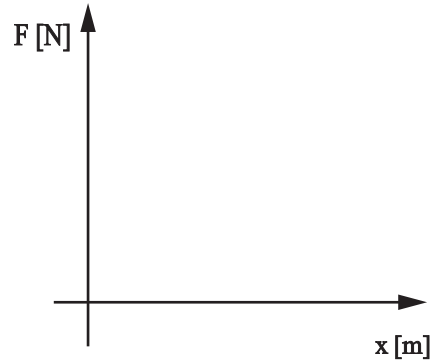


Figura 2.11: Fuerza en función del alargamiento, resorte 2

Resorte 1

Según la curva de ajuste de la Figura 2.10, el modelo de ajuste es:

Con el método de mínimos cuadrados, encontrar los parámetros del modelo escogido

$A =$

$B =$

$r =$

Entonces, con los valores de los parámetros, la ecuación de ajuste escogida es:

Comparando la ecuación 2.1 con el modelo de ajuste escogido (despreciando el parámetro A), determinar el valor de la constante elástica del resorte 1 con su respectivo error.

$$k_{eq} =$$

Resorte 2

Según la curva de ajuste de la Figura 2.11, el modelo de ajuste es:

Con el método de mínimos cuadrados, encontrar los parámetros del modelo escogido

$$A =$$

$$B =$$

$$r =$$

Entonces, con los valores de los parámetros, la ecuación de ajuste escogida es:

Comparando la ecuación 2.1 con el modelo de ajuste escogido (despreciando el parámetro A), determinar el valor de la constante elástica del resorte 2 con su respectivo error.

$$k_{eq} =$$

Combinaciones en serie y en paralelo

En las Figuras 2.12 y 2.13 graficar las Tablas 2.7 y 2.8, fuerza en función del alargamiento.

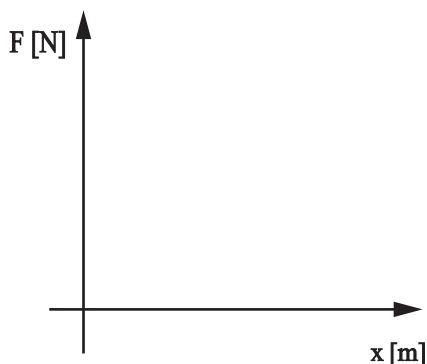


Figura 2.12: Fuerza en función del alargamiento, combinación en serie

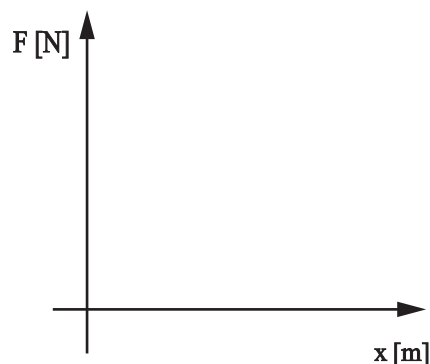


Figura 2.13: Fuerza en función del alargamiento, combinación en paralelo

Combinación en serie

Según la curva de ajuste de la Figura 2.12, el modelo de ajuste es:

Con el método de Mínimos Cuadrados, encontrar los parámetros del modelo escogido

$A =$	
$B =$	
$r =$	

Entonces, con los valores de los parámetros, la ecuación de ajuste escogida es:

Comparando la ecuación 2.1 con el modelo de ajuste escogido (despreciando el parámetro A), determinar el valor de la constante elástica equivalente para una combinación en serie de dos resortes, y su respectivo error.

$g =$	
-------	--

Combinación en paralelo

Según la curva de ajuste de la Figura 2.13, el modelo de ajuste es:

Con el método de Mínimos Cuadrados, encontrar los parámetros del modelo escogido

$A =$

 $B =$

 $r =$

Entonces, con los valores de los parámetros, la ecuación de ajuste escogida es:

Comparando la ecuación 2.1 con el modelo de ajuste escogido (despreciando el parámetro A), determinar el valor de la constante elástica equivalente para una combinación en paralelo de dos resortes, y su respectivo error.

$k_{eq} =$

2.9 Cuestionario

1. ¿Por qué despreciamos el valor del parámetro de ajuste A?
2. Calcular la constante elástica de dos resortes iguales combinados en serie y en paralelo.
3. ¿Se consigue el mismo valor de constante elástica del resorte para un proceso de tensión y compresión?, justificar la respuesta.
4. Si un resorte de constante elástica k y longitud L , se divide en dos, de longitudes iguales, ¿Las constantes elásticas de estos dos nuevos resortes son iguales?, de lo contrario, ¿Qué relación existe entre las constantes elásticas de estos nuevos resortes con el primer resorte?

Módulo de elasticidad

3.1 Evaluación previa

1. ¿Cuándo se dice que un material es dúctil y frágil?
2. ¿Cómo se define el esfuerzo y la deformación unitaria?
3. ¿Cuándo se dice que un cuerpo está sometido una fuerza por tensión y compresión?
4. ¿Qué es el módulo de Young?
5. ¿Cuáles son los valores del módulo de Young en el S.I. para los siguientes materiales: ¿Cobre, acero, aluminio y plata?
6. ¿Cuál es la diferencia entre la deformación elástica y plástica?

3.2 Competencias

- Encontrar la relación funcional entre el esfuerzo y la deformación unitaria en la zona elástica
- Determinar el modulo de Young de un alambre de seccion trasversal circular

3.3 Fundamento teórico

Cuando un solido en equilibrio experimenta la presencia de fuerzas externas, sufre cambios en sus dimensiones. La magnitud de estas deformaciones y las fuerzas aplicadas al sólido, nos permite calcular el valor de la constante elástica del material que caracteriza las propiedades elásticas del sólido.

La deformación que sufre el sólido depende del tipo de fuerza (tensión o compresión) al que esta sometido. Por ejemplo, en la Figura 3.1 se observa un caso particular de un sólido en forma de barra o alambre cilíndrico, de longitud inicial L_0 y sección transversal A sometido a tensión longitudinal. El diámetro del alambre es despreciable comparado con su longitud, lo que permite decir que el cambio de la sección transversal es despreciable en comparación a la deformación longitudinal $\Delta L = L - L_0$. Se define la deformación unitaria ϵ como:

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \quad (3.1)$$

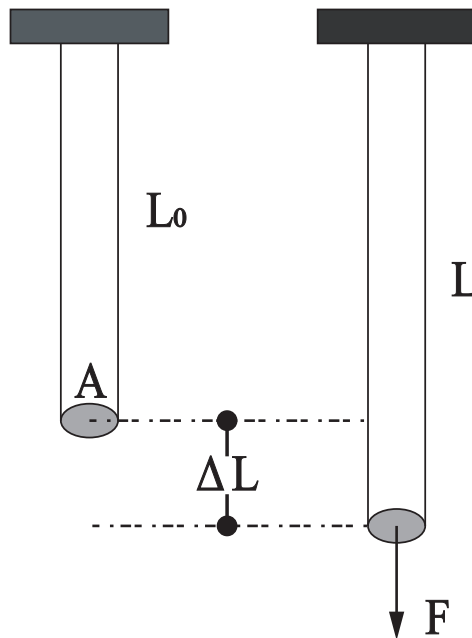


Figura 3.1: Alambre sometido a un esfuerzo por tensión

asimismo, el esfuerzo σ se define como la magnitud de la fuerza F perpendicular a la sección transversal (A) por unidad de área A , es decir:

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (3.2)$$

En la Figura 3.2 se muestra el comportamiento del esfuerzo en función de la deformación unitaria para un material dúctil. La zona OE se denomina zona elástica, se caracteriza porque el sólido puede regresar a su forma original una vez que se retira la fuerza deformadora. El punto E representa el límite elástico.

La zona EP se denomina zona plástica, se caracteriza porque el sólido no recupera su forma inicial cuando se retira la fuerza deformadora, es decir, el sólido mantiene una deformación permanente. El

punto P, se conoce como punto de ruptura, que caracteriza al esfuerzo máximo que puede soportar el sólido antes que se fragmente.

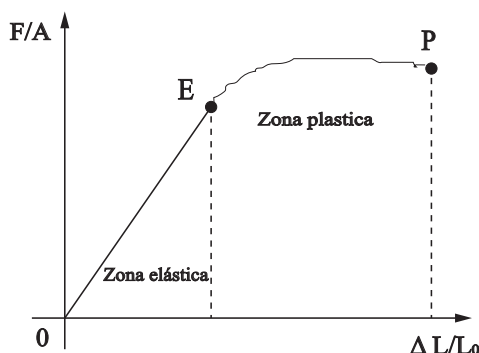


Figura 3.2: Comportamiento del esfuerzo en función de la deformación unitaria

En la zona elástica, la deformación unitaria producida es proporcional al esfuerzo aplicado, por tanto, en esta zona se cumple:

$$\frac{\text{esfuerzo}}{\text{deformación unitaria}} = \text{constante} \quad (3.3)$$

Esta constante tiene un valor que se determina experimentalmente, y depende de las características físico-mecánicas del material del que está constituido, asimismo del tipo de fuerza aplicada. En el caso de una deformación longitudinal por tensión, la constante se denomina Módulo de Young y está dada por:

$$Y = \frac{\frac{F}{S}}{\frac{\Delta L}{L_0}} \quad (3.4)$$

Por tanto, se encuentra experimentalmente que existe una relación lineal entre el esfuerzo y la deformación unitaria.

$$\frac{F}{S} = Y \frac{\Delta L}{L_0} \quad (3.5)$$

3.4 Materiales

En la Figura 3.3 se muestran los materiales a utilizar:

- Soporte del equipo del módulo de Young
- Alambre de sección transversal circular
- Vernier digital
- Objetos de masas de 1000 gr.

- Portamasas
- Tornillo micrométrico
- Flexómetro
- Nivel de burbuja

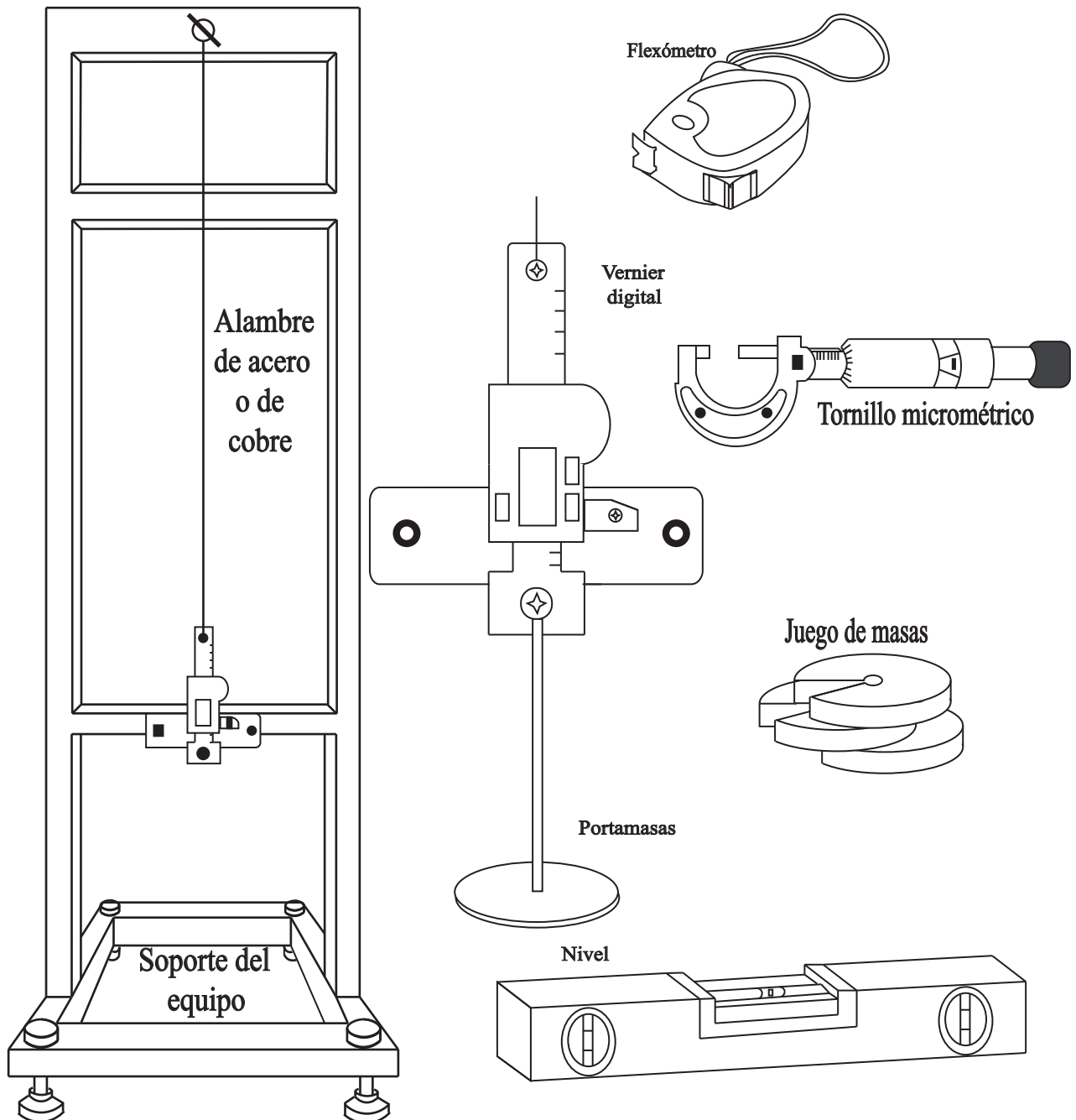


Figura 3.3: Esquema de montaje para el Módulo de Young

3.5 Procedimiento experimental

- Nivelar el soporte del equipo del módulo de Young al plano horizontal, con los tornillos de apoyo y el nivel de burbuja.
- Ajustar el alambre con el tornillo de sujeción que estoa en la parte superior del equipo.
- Colocar el portamasas en el extremo inferior del equipo.
- Tensar el alambre añadiendo una masa adicional en el portamasas (siga las instrucciones del docente).
- Medir la longitud inicial del alambre (no incluir los sujetadores).
- Con el tornillo micrométrico, medir el diámetro de la sección transversal circular del alambre.
- Encender y colocar a cero el vernier digital
- Incrementar las masas adecuadamente sobre el porta masas (seguir las instrucciones del docente), y registrar el incremento de la longitud del alambre que se observa en el vernier digital.

Considerar el valor de la aceleración de la gravedad local $9,78[m/s^2]$.

3.5.1 Registro de datos y cálculos

Medir la longitud inicial del alambre y su diámetro, y luego en el espacio correspondiente expresar correctamente el resultado de la medición.

Longitud inicial del alambre:

Diámetro del alambre:

En la Tabla 3.1 registrar las deformaciones ΔL producidas por las diferentes masas colgadas.

N	$m[kg]$	$\Delta L[m]$
1		
2		
3		
4		
5		

Cuadro 3.1: Deformación ΔL para cada masa tensora

Medida indirecta del área: Con la medida del diámetro, calcular el área de la sección transversal del alambre con su respectivo error.

3.6 Resultados

A partir de los datos registrados en la Tabla 3.1, y utilizando los valores de la longitud inicial L_o , el área del alambre A y la aceleración de la gravedad local, completar Tabla 3.2.

N	$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_o}$	$\sigma = \frac{mg}{A} [\frac{N}{m^2}]$
1		
2		
3		
4		
5		

Cuadro 3.2: Valores del esfuerzo y la deformación unitaria

En la Figura 3.4 realizar el gráfico del esfuerzo en función de la deformación unitaria.

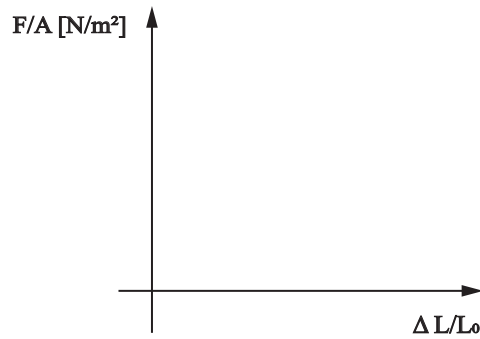


Figura 3.4: Variación del esfuerzo en función de la deformación unitaria

Según la curva de ajuste de la Figura 3.4, el modelo de ajuste es:

Con el método de mínimos cuadrados, encontrar los parámetros de ajustes del modelo escogido:

$A =$ $B =$ $r =$

Comparando el modelo escogido con la ecuación 3.5 y despreciando el valor del parámetro de ajuste A; el valor del modulo de Young es:

3.7 Cuestionario

1. ¿Qué interpretación física tienen los parámetros A y B de la ecuación de ajuste?
2. A partir del valor encontrado del modulo de Young, indique que material puede ser (comparar el valor obtenido con los datos tabulados). Encontrar la diferencia porcentual entre ambas.

3. ¿Por qué no se considera la deformación de la sección transversal de los alambres?
4. ¿En qué región de la figura 3.2 se ha trabajado en esta práctica?, justificar la respuesta.
5. ¿Existe alguna relación entre la deformación transversal y la deformación longitudinal?, si es así, indique cual es.
6. En general, ¿El módulo de Young es el mismo para fuerzas tensoras y compresoras?

Dilatación lineal

4.1 Evaluación previa

1. ¿Cuál es la definición del coeficiente de dilatación lineal?
2. ¿Qué significa que el coeficiente de dilatación lineal del aluminio sea $0.000023 \text{ (1/}^{\circ}\text{C)}$?
3. ¿De qué magnitud física depende la dilatación lineal de un sólido, y explicar por qué se dilata?
4. Explicar el funcionamiento del termómetro de mercurio
5. El hule tiene un coeficiente promedio de expansión lineal negativo, ¿Qué ocurre con el tamaño de un pedazo de hule cuando éste se calienta?

4.2 Competencias

- Estudiar la relación funcional entre la dilatación lineal y la temperatura.
- Estudiar la relación funcional entre la dilatación lineal y la longitud inicial.
- Determinar el coeficiente de dilatación lineal α_L

4.3 Fundamento teórico

El incremento de la temperatura en los sólidos produce un crecimiento en la distancia media de vibración de los átomos en la red cristalina, por tanto un cambio en las dimensiones del sólido.

En un sólido en forma de barra de longitud inicial L_0 (a una temperatura T_0), el incremento predominante es longitudinal, despreciando los cambios en las otras dimensiones en comparación al cambio longitudinal.

Experimentalmente se encuentra que la variación o dilatación en la longitud ΔL es proporcional a la variación de la temperatura ΔT y a la longitud inicial. Esta proporcionalidad permite introducir una constante, denominada coeficiente de dilatación lineal:

$$\alpha_L = \frac{1}{L_0} \frac{\Delta L}{\Delta T} \quad (4.1)$$

entonces, la relación funcional entre la variación de la longitud y la variación de la temperatura es lineal:

$$\Delta L = \alpha_L L_0 \Delta T \quad (4.2)$$

escribiendo de otra manera, se tiene:

$$L = L_0(1 + \alpha_L(T - T_0)) \quad (4.3)$$

donde T_0 es la temperatura inicial.

4.4 Materiales

- Equipo para medir la dilatación lineal
- Tubos de: hierro, bronce, aluminio y latón
- Mangueras
- Agua (Vapor de agua) - Placa calentadora (hornilla)
- Sensor de temperatura
- Vaso de precipitación, y matraz o Erlenmeyer
- Tapones de goma

4.5 Procedimiento experimental, dilatación lineal en función de la temperatura

1. Registrar la longitud inicial de la varilla y la temperatura ambiente.
2. Armar el equipo como se muestra en la Figura [4.1](#)
3. Colocar la aguja indicadora en el cero de la escala del medidor.
4. Encender la hornilla, esperar que la temperatura del agua en el matraz incremente $10[^\circ\text{C}]$ respecto a su valor inicial y registrar esa temperatura (seguir las instrucciones del docente).

4.5 Procedimiento experimental, dilatación lineal en función de la temperatura

5. Para la temperatura registrada en el paso anterior, registrar el valor de la dilatación lineal que produce la circulación del vapor de agua.
6. Para los incrementos uniformes de temperatura (hasta la temperatura de ebullición), registrar la dilatación o expansión lineal.

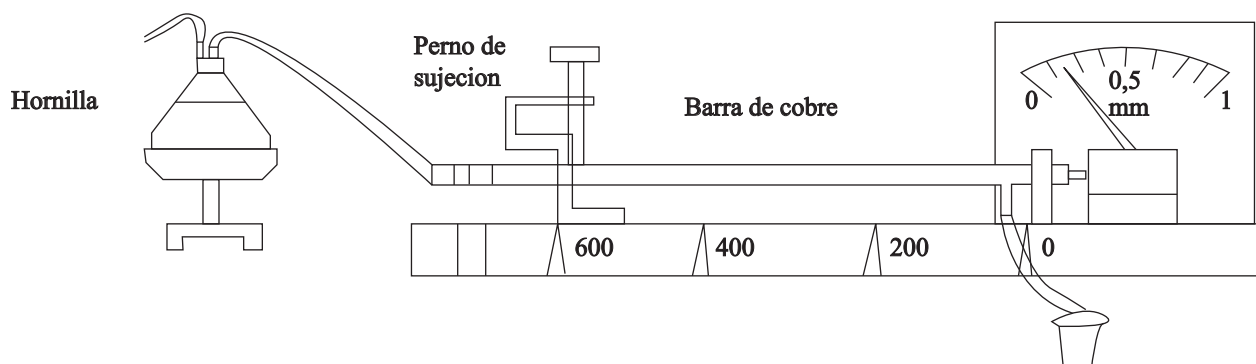


Figura 4.1: Esquema de montaje para la dilatación lineal de una varilla

4.5.1 Registro de datos, dilatación lineal en función de la temperatura

Registrar la longitud inicial L_0 de la varilla:

La temperatura ambiente es:

En la Tabla **8.1** registrar la dilatación en la longitud que es producida por la variación de la temperatura T .

Nota: Se puede considerar L_0 para una temperatura inicial $T_0 = 0[^\circ C]$

4.6 Resultados de la dilatación lineal con el cambio de la temperatura

N	$T[{}^{\circ}C]$	$\Delta L[m]$
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		

Cuadro 4.1: Variación de la temperatura y dilatación de la longitud

4.6 Resultados de la dilatación lineal con el cambio de la temperatura

En la Figura 4.2 graficar la dilatación lineal de la varilla ΔL en función al cambio de la temperatura.

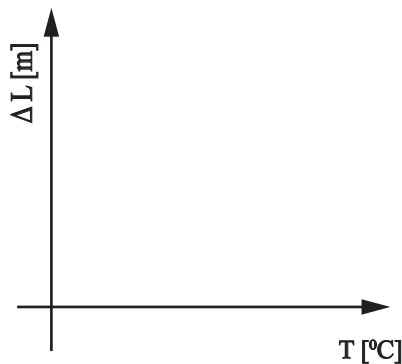


Figura 4.2: Dilatación lineal en función del cambio de la temperatura

Según la curva de ajuste de la Figura 4.2, la ecuación de ajustes es:

Con el método de mínimos cuadrados, encontrar los parámetros de ajuste de la ecuación escogida:

$A =$

$B =$

$r =$

Con los valores de los parámetros, la ecuación de ajuste es:

Utilizando la ecuación 4.2 y la ecuación de ajuste, encontrar el valor del coeficiente de dilatación lineal con su respectivo error:

4.7 Procedimiento experimental, dilatación lineal y longitud inicial

1. Fijar el tubo a una longitud de $600[mm]$.
2. Registrar la longitud inicial de la varilla y la temperatura ambiente.
3. Armar el equipo como se muestra en la Figura 4.1, notar que el tubo tiene para fijar tres longitudes.
4. Colocar la aguja indicadora en el cero de la escala del medidor.
5. Hacer hervir el agua, y registrar la temperatura de ebullición.
6. La circulación del vapor de agua por el tubo, producirá la dilatación lineal. Registrar la máxima deflexión de la aguja indicadora (esperar que la aguja indicadora no se mueva).
7. Retirar el tubo y hacer enfriar el tubo hasta la temperatura ambiente.
8. Volver a colocar el tubo, pero con el tornillo de sujeción del tubo en $400[mm]$.
9. Nuevamente llevar a la posición cero la aguja indicadora, y repetir el paso 4 y 5.
10. Realizar los mismos pasos anteriores, pero para una longitud de $200[mm]$.

Precaución: Durante el proceso de ebullición, el agua, la varilla, y las mangueras están calientes, ¡¡Queman!!

4.7.1 Registro de datos de la dilatación lineal en función a la longitud inicial

Registrar la temperatura ambiente:

Registrar la temperatura del vapor del agua (temperatura de ebullición):

En la Tabla 7.2 registrar la dilatación en la longitud para las tres longitudes del tubo.

N	$L[m]$	$\Delta L[m]$
1		
2		
3		

Cuadro 4.2: Dilatación lineal, y la longitud L

4.8 Resultados de la dilatación lineal con la longitud inicial

En la Figura 4.3 graficar la dilatación lineal de la varilla ΔL en función de la longitud L

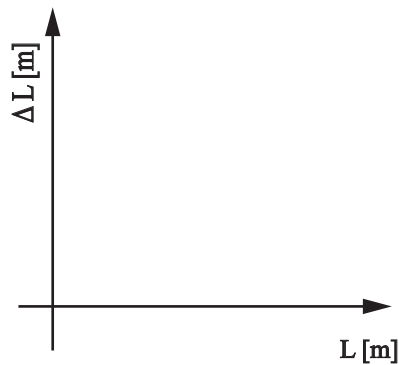


Figura 4.3: Dilatación lineal en función de la longitud inicial

Según la curva de ajuste de la Figura 4.3, la ecuación de ajustes es:

Con el método de mínimos cuadrados, encontrar los parámetros de ajuste de la ecuación escogida:

$A =$

 $B =$

 $r =$

Con los valores de los parámetros, la ecuación de ajuste es:

Utilizando la ecuación 4.2 y la ecuación de ajuste, encontrar el valor del coeficiente de dilatación lineal con su respectivo error:

4.9 Cuestionario

1. De los dos métodos utilizados para determinar el coeficiente de dilatación lineal, ¿Cuál elegiría como el mejor valor y por qué?
2. ¿Por qué la mayor parte de los líquidos y sólidos, se dilatan cuando se someten a la acción del calor?
3. En general los líquidos tienen un coeficiente de dilatación volumétrica mucho mayor que el de los sólidos, explicar las causas.
4. Demostrar que la variación del momento de inercia con la temperatura, para la varilla está dada por la siguiente ecuación:

$$\Delta I = 2\alpha I_0 \Delta T \quad (4.4)$$

Medida del Calor Especifico de un Solido

5.1 Evaluación previa

1. ¿Define capacidad calorífica?
2. ¿Define que unidades tiene el calor específico?
3. ¿Defina el término caloría?
4. ¿Determine el calor específico del agua?
5. ¿Cuál de los dos tiene mayor capacidad calorífica el agua o un metal, porque?

5.2 Competencias

- Determinar el calor específico de algunos materiales sólidos, usando el calorímetro y agua como sustancia cuyo valor de calor específico es conocido. Por el método de mezclas

5.3 Fundamento teórico

Al mezclar dos cantidades de líquidos a distinta temperatura se genera una transferencia de energía en forma de calor desde el más caliente al más frío. Dicho tránsito de energía se mantiene hasta que se igualan las temperaturas, cuando se dice que ha alcanzado el equilibrio térmico.

La cantidad de calor Q que se transfiere desde el líquido caliente, o la que absorbe el frío, responde a la expresión (5.1):

$$Q = mC\Delta \quad (5.1)$$

Donde m es la masa del líquido, C su calor específico y ΔT la variación de temperatura que experimentan.

En calorimetría se utiliza el calorímetro para aislar los materiales que serán puestos en contacto térmico y al medir masas y cambios de temperatura se puede determinar el calor específico de un material. Partiendo de un análisis de las transferencias de energía en forma de calor que se presentan dentro del calorímetro, podremos determinar el calor específico. Partir del principio de conservación de la energía (calorimetría) (5.2):

$$\sum Q_{frios} = - \sum Q_{calientes} \quad (5.2)$$

5.4 Materiales

- Calorímetro
- Fuente de calor (Hornilla eléctrica)
- Balanza
- Probeta graduada
- Termómetro
- Agitador o mezclador
- Sólidos de Cu , Fe , Al , u otros metales
- Soporte y equipo de calorimetría

5.5 Procedimiento experimental y registro de datos

5.5.1 Primera fase: determinación del calor específico del calorímetro

1. Mida la masa del vaso interior del calorímetro (m_c)
2. Vierta en el calorímetro 100 g de agua (m_1) a temperatura ambiente.
3. Cierre el calorímetro, espere aproximadamente 1 minuto y mida la temperatura de equilibrio que alcanza el vaso interior del calorímetro y el agua que vertió en el paso 2 (T_1)
4. Vierta en el calorímetro 250 g de agua (m_2) previamente calentada a una temperatura aproximada de $70^\circ C$ (T_2), y cierre el calorímetro lo más rápido que pueda una vez vaciada el agua caliente.

5. Mezcle el agua caliente + (calorímetro + agua fría), espere a que se alcance la temperatura de equilibrio de la mezcla de agua que contiene el calorímetro, para ello observe cuidadosamente el termómetro hasta que la medición se estabilice (eso deberá ocurrir aproximadamente 1 minuto después de completado el punto 4), cuando eso ocurra anote la temperatura de equilibrio (T_f)

Masa calorímetro	m_c	
Masa de agua fría	m_1	
Temperatura de equilibrio (calorímetro + agua fría)	T_1	
Masa de agua caliente	m_2	
Temperatura de agua caliente	T_1	
Temperatura de equilibrio final	T_f	

Cuadro 5.1: Datos del calor específico del calorímetro

Determine a partir de la ecuación 5.2 el calor específico del calorímetro C_{cal}

5.5.2 Segunda fase: determinación de la capacidad de los sólidos

1. Mida la masa del vaso interior del calorímetro (m_c).
2. Mida la masa del material solido (m_s) dentro del calentador de perdigones, la temperatura del solido debe alcanzar la temperatura de ebullición del agua T_s .
3. Coloque el material dentro del calorímetro.
4. Vierta en el calorímetro 100 g de agua (m_1) a temperatura ambiente.

5.5 Procedimiento experimental y registró de datos

5. Cierre el calorímetro, espere aproximadamente 1 minuto y mida la temperatura de equilibrio que alcanza el vaso interior del calorímetro, el material colocado dentro de él y el agua que vertió en el paso 4 (T_1)
6. Realice la mezcla masa solido + (calorímetro + agua fría), espere a que se alcance la temperatura de equilibrio de la mezcla de agua que contiene el calorímetro, el material colocado dentro del calorímetro y el propio calorímetro, para ello observe cuidadosamente el termómetro hasta que la medición se estabilice (eso deberá ocurrir aproximadamente 1 minuto después de completado el punto 6), cuando eso ocurra anote la temperatura de equilibrio (T_e).
7. En estas condiciones, repetir tres veces el procedimiento desde el paso 4 hasta el 8, para obtener 3 conjuntos de mediciones de temperaturas T_1 , T_2 , y T_e , que serán asentadas en la Tabla que se presenta más adelante. Con estos valores de temperaturas se deberán calcular tres valores de calor específico del material, a partir de tres mediciones diferentes.

		Cobre	Aluminio	Hierro
Masa calorímetro	m_c			
Masa del sólido	m_s			
Temperatura de los Sólidos	T_s			
Masa de agua fría	m_1			
Temperatura de equilibrio (calorímetro + agua fría)	T_1			
Temperatura de equilibrio	T_{eq}			

Cuadro 5.2: Datos para la capacidad de los sólidos

Determine a partir de la ecuación 5.2 los calores específicos de los sólidos estudiados

5.6 Cuestionario

1. ¿Definición de calor específico?
2. ¿Qué es Calor? ¿Cuál es la diferencia entre calor y temperatura?
3. ¿Cuál es la diferencia entre calor específico y capacidad calorífica?
4. En una medición calorimétrica, ¿Por qué es importante conocer la capacidad calorífica del calorímetro?
5. ¿Cuál es la diferencia entre calor latente de fusión del agua y calor latente de vaporización del agua?
6. Identifique las posibles fuentes de errores experimentales en esta practica

Ondas Estacionarias en una Cuerda

6.1 Evaluación previa

1. ¿Qué dice el principio de superposición de ondas?
2. ¿Qué tipo de onda se produce en la vibración de una cuerda, con puntos fijos en los extremos?, explicar
3. ¿Qué es un nodo y un antinodo?, ¿Por qué se forman los nodos y los antinodos?
4. ¿Existe transporte de energía en las ondas estacionarias?, Explicar
5. La frecuencia de oscilación de la cuerda, en todos los casos, ¿es constante o variable? Explicar.
6. ¿Por qué en la Tabla 8.1 se repite tres veces la medida de la longitud entre nodos?

6.2 Competencias

- Encontrar la relación funcional entre la longitud de onda y la tensión en la cuerda de la onda estacionaria.
- Determinar la frecuencia de oscilación de la onda estacionaria.

6.3 Fundamento teórico

Las ondas estacionarias se forman como resultado de la superposición de dos ondas armónicas que tienen la misma amplitud, longitud de onda y velocidad, pero en sentidos opuestos.

Las ondas en cuerda son ondas mecánicas transversales, y pueden producir ondas estacionarias cuando la cuerda está sometida a una tensión T y uno o dos extremos de la cuerda están fijos.

Consideremos una onda incidente en una cuerda que viaja hacia la derecha, su ecuación está dada por:

$$\psi_i = A \sin(kx - \omega t) \quad (6.1)$$

después de una distancia L , la onda incidente encuentra un obstáculo y es reflejada, por lo cual, la ecuación de la onda reflejada se mueve hacia la izquierda, su ecuación es:

$$\psi_r = A \sin(kx + \omega t) \quad (6.2)$$

La superposición de las ondas incidente y reflejada es la suma de las ecuaciones ?? y 6.2:

$$\psi = \psi_i + \psi_r = A[\sin(kx - \omega t)] + \sin(kx + \omega t) = 2A \sin(kx) \cos(\omega t) \quad (6.3)$$

La ecuación 6.3 no representa una onda que se propaga, no obstante es una onda estacionaria. Cada punto de la cuerda vibra con una frecuencia ω y tiene una amplitud de $2A \sin(kx)$.

En la onda estacionaria se forman nodos y antinodos. Los nodos son las posiciones en las cuales la amplitud es mínima, y los antinodos son los puntos de amplitud máxima. Para los nodos se tiene:

$$2A \sin(kx) = 0 \quad (6.4)$$

donde:

$$kx = n\pi \dots n = 0, 1, 2, 3, \dots, \quad (6.5)$$

y $k = 2\pi/\lambda$ es el número de onda. Por tanto, la expresión para encontrar los nodos es:

$$x = \frac{n\lambda}{2} \quad (6.6)$$

Entre dos nodos sucesivos, los puntos oscilan con la misma frecuencia y perpendicular a la dirección de propagación, formando de esta manera un perfil sinusoidal que permanece fijo en el espacio (onda estacionaria).

La amplitud en los extremos (puntos fijos) de la cuerda es nula. Esta condición en la frontera permite que la cuerda tenga un número de patrones naturales de oscilación, que son conocidos como modos normales de vibración. Cada modo de vibración tiene una longitud de onda definida, que se obtiene a partir de la ecuación 7.6

$$\lambda_n = \frac{2L}{n} \dots \text{donde } n = 1, 2, 3, \dots \quad (6.7)$$

En la Figura 6.1 se muestran los primeros modos normales de vibración.

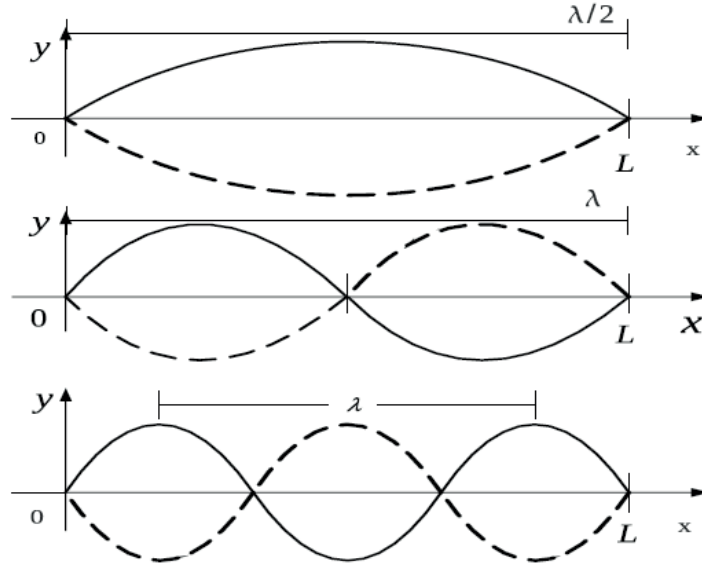


Figura 6.1: Tres primeros modos de vibración

Por otro lado, cualquier movimiento ondulatorio cumple la ecuación de onda:

$$\frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 \psi}{\partial t^2} \quad (6.8)$$

donde v es la velocidad de propagación de la onda. En el caso de ondas estacionarias en una cuerda, la ecuación de movimiento ondulatorio está dada por:

$$\frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} = \frac{\mu}{T} \frac{\partial^2 \psi}{\partial t^2} \quad (6.9)$$

donde T es la tensión ejercida sobre la cuerda, y μ es la densidad lineal de masa de la cuerda:

$$\mu = \frac{m}{L} \quad (6.10)$$

Se puede demostrar que la velocidad de propagación en una onda de cuerda es:

$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}} \quad (6.11)$$

Además, si $v = \lambda f$, la ecuación [6.11](#) se puede escribir como:

$$\lambda = \frac{1}{f} \sqrt{\frac{T}{\mu}} \quad (6.12)$$

donde f es la frecuencia de oscilación.

6.4 Materiales

En la Figura 6.2 se muestran los materiales y el montaje para el procedimiento 1

Procedimiento 1	Procedimiento 2
Equipo de ondas estacionarias en una cuerda	Equipo de ondas estacionarias en una cuerda
Cuerda ligera	Cuerda ligera
Regla graduada con pestañas	Regla graduada con pestañas
Balanza	Balanza
Dinamómetro	Sensor de fuerza
Líquido manométrico (alcohol)	Líquido manométrico (alcohol)
	Interfaz, programa LoggerPro

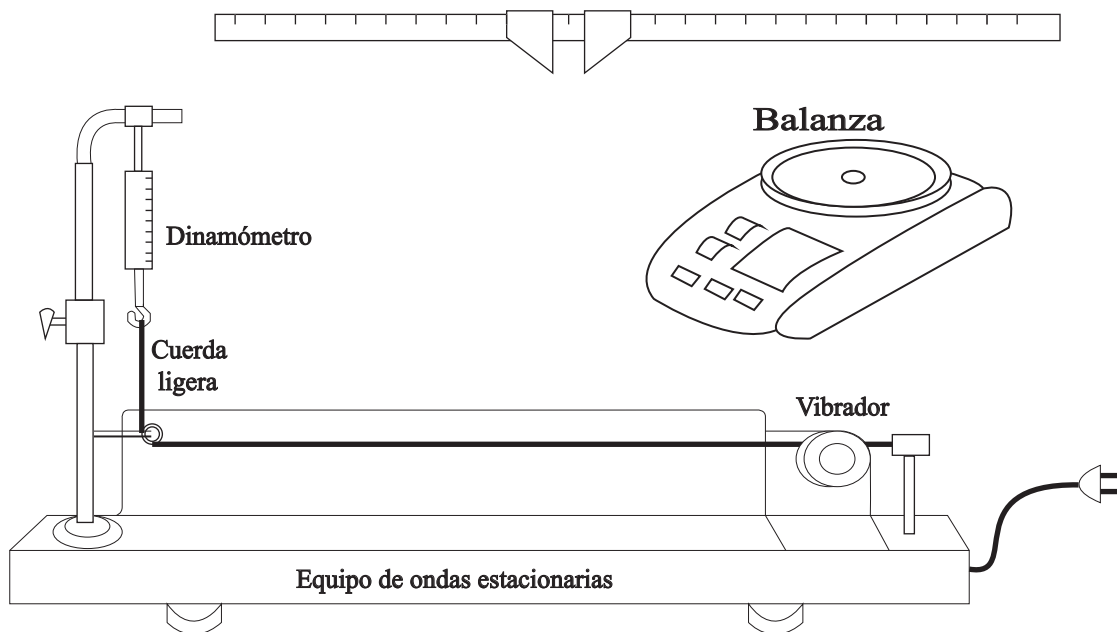


Figura 6.2: Esquema de montaje para ondas estacionarias, procedimiento 1

Para los dos procedimientos, medir la masa y la longitud de la cuerda y expresar su resultado:
Longitud de la cuerda:

$$L = (\quad \pm \quad) [m]$$

Masa de la cuerda:

$$M = (\quad \pm \quad) [g]$$

La densidad lineal de masa y su respectivo error es:

$$\mu = (\quad \pm \quad) [kg/m]$$

6.5 Procedimiento experimental 1

1. Conectar el equipo de ondas estacionarias al tomacorriente de 220 V y seguidamente encenderlo.
2. Con la varilla deslizante del equipo de ondas estacionarias variar la tensión en la cuerda, moviéndola lentamente hasta conseguir la onda fundamental, es decir que se pueda observar un solo antinodo (primer modo de vibración).
3. Una vez formada la onda fundamental ajustar el tornillo de sujeción de la varilla deslizante y leer en el dinamómetro la tensión aplicada a la cuerda, seguidamente medir la distancia entre nodo y nodo en la cuerda. Evitar el contacto entre las pestañas de la regla graduada y la cuerda en oscilación, para no causar la ruptura de la cuerda.
4. Repetir el paso anterior, pero con la obtención de 2, 3, 4 y 5 antinodos, en cada caso leer en el dinamómetro la tensión aplicada. Asimismo medir las longitudes entre nodos (seguir las instrucciones del docente)

Cuidados

Por las características del dinamómetro, no aplicar tensiones mayores a 1 N.

No tocar el alambre que conecta el motor y la cuerda porque podría descalibrarse el equipo

6.5.1 Registro de datos para el procedimiento 1

En la Tabla 8.1 registrar las distancias entre dos nodos consecutivos, y las tensiones para los diferentes modos de vibración de la onda estacionaria

N	Número de nodos	$T[N]$	$L_1[m]$	$L_2[m]$	$L_3[m]$
1					
2					
3					
4					
5					

Cuadro 6.1: Datos de la tensión en la cuerda y la distancia entre dos nodos consecutivos

6.6 Resultados del procedimiento 1

Con los datos de la Tabla 8.1 completar la Tabla 7.2, donde:

$$\bar{L} = \text{Longitud Promedio} \quad (6.13)$$

$$\lambda = 2\bar{L} \quad (6.14)$$

En la Figura 6.3, graficar la Tabla 7.2, la longitud de onda en función de la tensión

N	$\bar{L}[m]$	$T[N]$	$\lambda[m]$
1			
2			
3			
4			
5			

Cuadro 6.2: Datos de la tensión en la cuerda y la longitud de onda, procedimiento 1

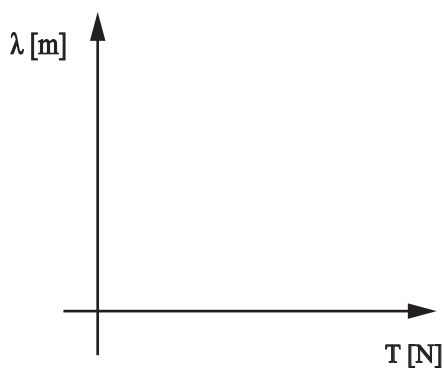


Figura 6.3: Longitud de onda en función de la tensión, procedimiento 1

De acuerdo a la curva de ajuste de la Figura 6.3, el modelo de ajuste es:

Si el modelo escogido es una potencial simple, entonces primero linealizar la curva, y posteriormente con el método de mínimos cuadrados, encontrar los parámetros de la curva linealizada.

$A =$

 $B =$

 $r =$

A partir de los parámetros de la curva linealizada, determinar los parámetros del modelo escogido con sus respectivos errores

$a =$

 $b =$

Por tanto, la ecuación de ajuste es:

Comparando la ecuación 6.12 y el modelo de ajuste escogido, encontrar el valor de la frecuencia de oscilación de la cuerda:

$\mathbf{f} = (\quad \pm \quad) [Hz]$

6.7 Procedimiento experimental 2

1. Colocar el sensor de fuerza como se muestra en la Figura 6.4
2. Elegir el rango de fuerza de 10 [N].

6.7 Procedimiento experimental 2

3. Conectar el sensor de fuerza a la interfaz, y ésta a la computadora, luego abrir el programa LoggerPro y reconocerá automáticamente el sensor conectado (seguir las instrucciones del docente)
4. Conectar el equipo de ondas estacionarias al tomacorriente de 220 [V]
5. Con la varilla deslizante del equipo de ondas estacionarias, variar la tensión en la cuerda, moviéndola lentamente hasta conseguir la onda fundamental, es decir que se pueda observar un solo antinodo (primer modo de vibración).
6. Una vez formada la onda fundamental ajustar el tornillo de sujeción de la varilla deslizante y registrar el valor de la tensión aplicada a la cuerda (seguir las instrucciones del docente para utilizar el programa LoggerPro), seguidamente medir la distancia entre nodo y nodo en la cuerda. Evitar el contacto entre las pestañas de la regla graduada y la cuerda en oscilación, para no causar la ruptura de la cuerda.
7. Repetir el paso anterior, pero con la obtención de 2, 3, 4 y 5 antinodos, y en cada caso registrar la tensión aplicada. Asimismo medir las longitudes entre nodos (seguir las instrucciones del docente).

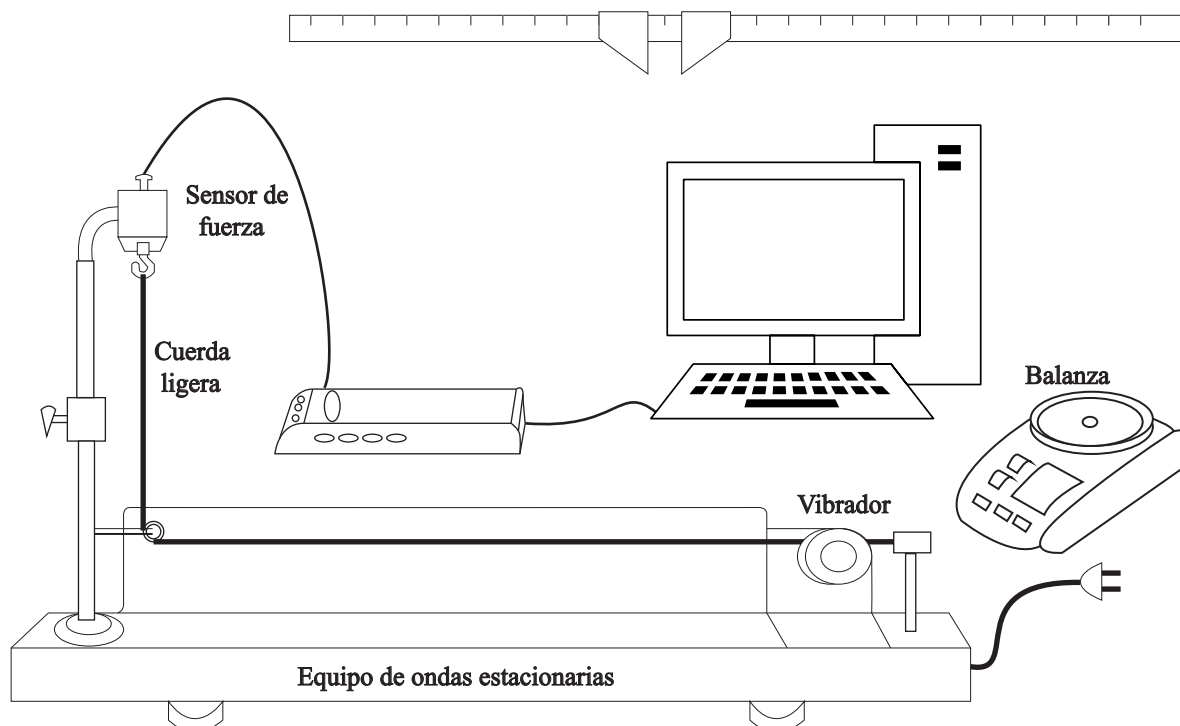


Figura 6.4: Esquema de montaje para ondas estacionarias, procedimiento 2

6.7.1 Registro de datos para el procedimiento 2

En la Tabla 7.3 registrar las tensiones para las ondas estacionarias con diferentes números de nodos, asimismo registrar las distancias entre dos nodos consecutivos

N	Número de nodos	$T[N]$	$L_1[m]$	$L_2[m]$	$L_3[m]$
1					
2					
3					
4					
5					

Cuadro 6.3: Datos de la tensión en la cuerda y la distancia entre nodo a nodo, procedimiento 2

6.8 Resultados del procedimiento 2

Con los datos de la Tabla 7.3 completar la Tabla 7.4, donde; \bar{L} es la longitud promedio y $\lambda = 2\bar{L}$

N	$\bar{L}[m]$	$T[N]$	$\lambda[m]$
1			
2			
3			
4			
5			

Cuadro 6.4: Datos de la tensión en la cuerda y la longitud de onda, procedimiento 2

En la Figura 6.5, graficar la Tabla 7.4, la longitud de onda en función de la tensión

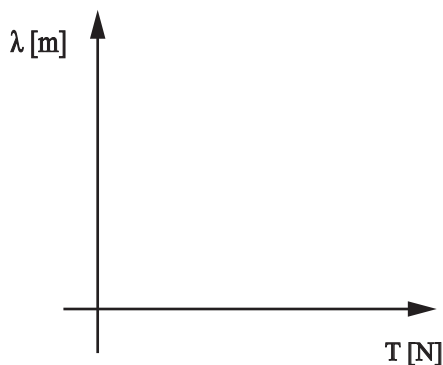


Figura 6.5: Longitud de onda en función de la tensión, procedimiento 2

De acuerdo a la curva de ajuste de la Figura 6.5, el modelo de ajuste es:

Si el modelo escogido es una potencial simple, entonces primero linealizar la curva, y posteriormente con el método de mínimos cuadrados, encontrar los parámetros de la curva linealizada:

$A =$

 $B =$

 $r =$

A partir de los parámetros de la curva linealizada, determinar los parámetros del modelo escogido con sus respectivos errores

$a =$

 $b =$

Por tanto, la ecuación de ajuste es:

Comparando la ecuación 6.12 y el modelo de ajuste escogido, encontrar el valor de la frecuencia de oscilación de la cuerda:

$\mathbf{f} = (\quad \pm \quad) [Hz]$

6.9 Cuestionario

1. ¿En qué factor se incrementaría la tensión de la cuerda para triplicar la velocidad de propagación?, ¿En qué factor se disminuiría la tensión de la cuerda para reducir la velocidad de propagación a la mitad?
2. Demostrar que la velocidad de propagación de una onda transversal en una cuerda está dada por:

$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$$

3. La ecuación $\lambda = \frac{1}{f} \sqrt{\frac{T}{\mu}}$, ¿Es continua o discreta?.
4. Explicar por qué la onda $\psi_i = A \sin(kx - \omega t)$ se propaga hacia la derecha.

Sonido

7.1 Evaluación previa

1. ¿A qué tipo de ondas pertenecen las ondas de sonido?
2. ¿Qué se entiende por una onda armónica?
3. ¿Existe alguna relación entre la velocidad del sonido y la temperatura?
4. ¿Cómo se podría obtener la frecuencia de una onda sonora, si se conoce su comportamiento temporal?
5. ¿Qué parámetro físico mide el sensor micrófono que se utiliza en esta práctica?

7.2 Competencias

- Determinar la frecuencia de diferentes fuentes de sonido, como ser: diapasones, voz humana, celulares.
- Estudiar cualitativa y cuantitativamente el fenómeno de superposición de dos ondas de sonido.
- Obtener la velocidad del sonido en el aire.

7.3 Fundamento teórico

Las ondas acústicas son producidas por una serie de variaciones de presión del aire (medio de propagación). Un instrumento para detectar estas variaciones es el sensor micrófono, con un diafragma sensible a los cambios de presión. El movimiento del diafragma es convertido en una señal eléctrica a través de un proceso mecánico (Figura 7.1), y por medio de una interfaz conectada a un ordenador se puede estudiar diferentes perfiles temporales de ondas de sonido.

Un parámetro que caracteriza a una onda armónica es el inverso del periodo T , es decir, su frecuencia f (ecuación 7.1), e indica el número de repeticiones de un ciclo por unidad de tiempo, otro parámetro es su amplitud A , que representa el máximo valor de la onda armónica

$$f = \frac{1}{T} [H_2] \quad (7.1)$$

En la Figura 7.2, se muestran el periodo T y la amplitud de una onda armónica senoidal, estos tipos de ondas pueden ser producidas por un diapason y una caja de resonancia. Asimismo, con estos parámetros es posible escribir la ecuación de onda (ecuación ??).

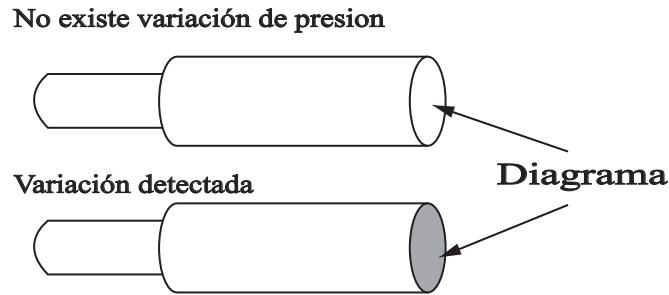


Figura 7.1: Sensor micrófono

$$y = A \sin(\omega t \pm \phi) \quad (7.2)$$

donde ω es la frecuencia angular $\omega = 2\pi f$, ϕ es el ángulo de desfase y A su amplitud.

Un fenómeno característico de las ondas en general, es la superposición de ondas, es decir la suma de dos o más ondas. Para el caso de ondas de sonido, las variaciones de presión del aire se combinan para formar una sola onda acústica. En la Figura 7.3, se observa la superposición de dos ondas de sonido de diferentes frecuencias.

La velocidad de propagación de las ondas es constante. Para las ondas de sonido, la velocidad depende del medio de propagación y la temperatura:

$$v = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}} \quad (7.3)$$

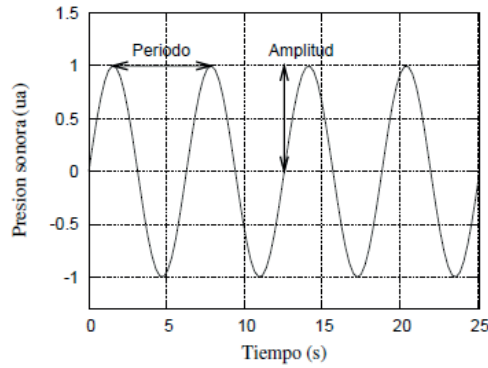


Figura 7.2: Onda sonora senoidal

donde:

γ : Es el coeficiente de compresión adiabático, cuyo valor para el aire a nivel del mar es 1,4

R : Es la constante universal de los gases, su valor es de $8,3145 J/[mol - K]$.

T : La temperatura absoluta a la que se encuentra el gas.

M : La masa molar del gas. Para el aire, el valor promedio es $0,0290 kg/mol$.

Por ejemplo para $20^{\circ}C$, la velocidad del sonido en el aire es de $343 m/s$

Un método para medir la velocidad del sonido es el eco, por ejemplo, cuando una persona está en

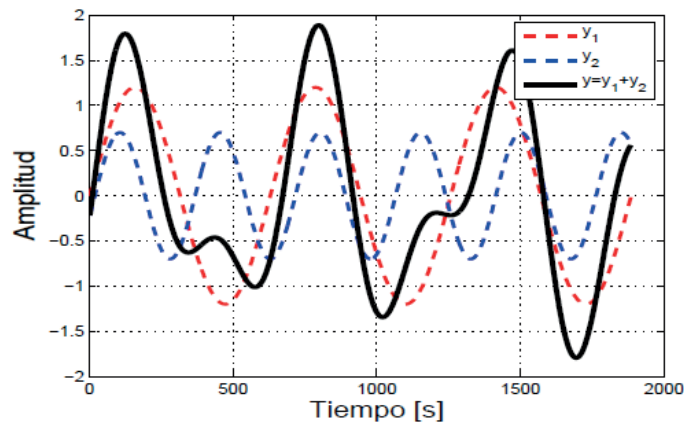


Figura 7.3: Superposición de dos ondas con diferentes frecuencias

un campo abierto con una barrera ubicada a una distancia más lejos, se podría medir el tiempo desde el inicio de un sonido fuerte hasta cuando se escuche el eco. Por tanto, Calcular la velocidad del sonido es un problema de cinemática. Para utilizar la misma técnica en distancias más cortas, se necesita de un sistema más rápido de medida del tiempo, como ser una computadora. En esta práctica se utilizará esta técnica para determinar la velocidad del sonido a temperatura ambiente.

7.4 Materiales

En la Figura 7.4 se muestran los materiales a utilizar:

- Sensor de sonido vernier (micrófono)
- Tubo largo
- Diapasones
- Cajas de resonancia
- Regla o flexómetro
- Fuentes de sonido
- Martillo de goma.

7.5 Procedimiento Experimental

7.5.1 Medición de frecuencias

1. Conectar el micrófono a la interfaz y ésta a la computadora.
2. Acoplar los diapasones en las cajas de resonancia.
3. Después de haber realizado las conexiones correspondientes, abrir el programa LoggerPro, la ventana mostrará la medida de la presión en unidades arbitrarias o amplitud relativa.
4. Con el martillo de goma, el diapasón y la caja de resonancia, producir el sonido y adquirir la señal con el sensor micrófono (seguir las instrucciones del docente).
5. Repetir el paso anterior para otras fuentes de sonido.

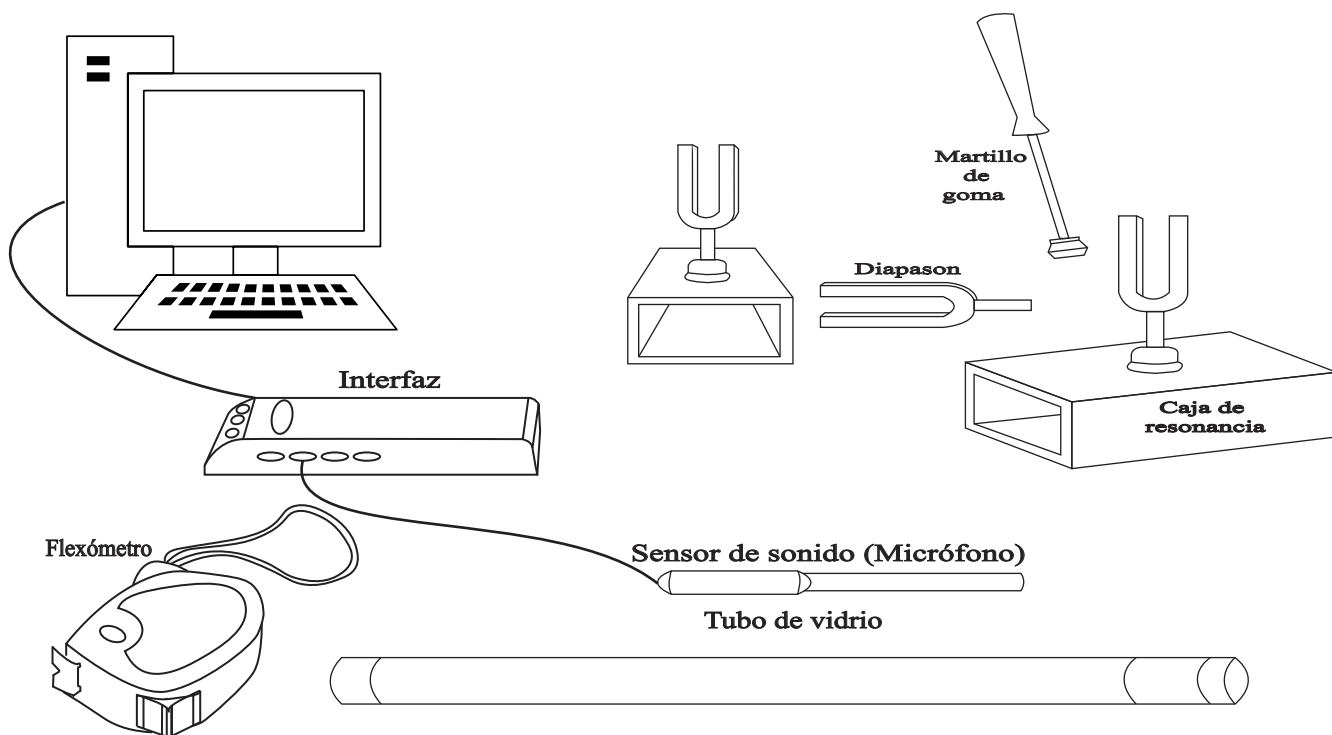


Figura 7.4: Materiales para la práctica ondas sonoras

7.5.2 Superposición de ondas sonoras

1. Colocar el sensor micrófono entre dos cajas de resonancia con los diapasones 1 y 2
2. Producir ondas sonoras con el diapason 1, y registrar los datos para encontrar la frecuencia angular, la amplitud, y el ángulo de desfase (la función para un tiempo igual a cero). Seguir las instrucciones del docente.
3. Grabar el perfil de la onda armónica producida con el diapason 1 (Ctrl L).
4. Producir ondas sonoras con el diapason 2, y registrar los datos para encontrar la frecuencia angular, la amplitud, y el angulo de desfase.
5. Grabar el perfil de la onda armónica producida con el diapason 2 (Ctrl L).
6. De manera seguida, producir ondas sonoras con los diapasones 1 y 2, y registrar la onda resultante (Figura 7.3)

7.5.3 Determinación de la velocidad del sonido en el aire

1. Colocar el sensor micrófono en la abertura del tubo hueco.
2. Activar el disparador del programa LoggerPro. Seguir las instrucciones del docente.

3. Dar un chasquido cerca de la abertura del tubo, e iniciará la adquisición de datos.
4. Con el gráfico conseguido, determinar el tiempo de viaje de ida y vuelta de la onda sonora.

Registro de datos para la medición de frecuencias

En la Tabla 8.1 registrar los tiempos sucesivos correspondientes a un ciclo de repetición, para encontrar el periodo de diferentes fuentes.

Tipo de fuente	t_o [s]	t_f [s]	Periodo [s]	Frecuencia [Hz]	Observaciones

Cuadro 7.1: Periodo y cálculo de frecuencias de diferentes fuentes sonoras

Registro de datos para la superposición de dos ondas sonoras

En la Tabla 7.2 registrar los mínimos y máximos de la función y, los tiempos sucesivos correspondientes a un ciclo de repetición y el valor de la función para un tiempo igual cero.

Tipo de fuente	t_o [s]	t_f [s]	y_{min} [ua]	y_{max} [ua]	$y(t = 0)$ [ua]
Diapasón 1					
Diapasón 2					
Superposición					

Cuadro 7.2: Periodo y cálculo de frecuencias de diferentes fuentes sonoras

Registro de datos y cálculos para determinar la velocidad de sonido en el aire

Registrar el resultado de la longitud del tubo:

En la Tabla 7.3 registrar los tiempos de dos amplitudes máximas (ver la Figura 7.5). La primera amplitud máxima corresponde al chasquido de los dedos, y la segunda al primer eco. Si aparecen más ondas, corresponden a los ecos sucesivos. Asimismo, en la Tabla 7.3 calcular el tiempo total de viaje del sonido por el tubo Δt y la velocidad:

$$v = \frac{2L}{\Delta t} \quad (7.4)$$

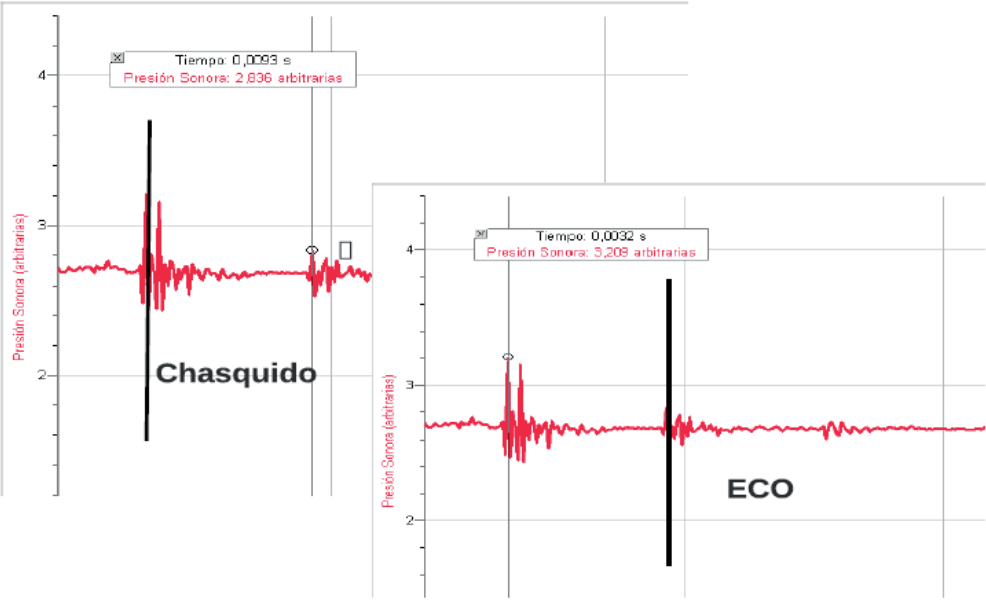


Figura 7.5: Señal de las ondas: chasquido y primer eco

N	t_o [s]	t_f [s]	Δt [s]	v [m/s]
1				
2				
3				
4				
5				
6				

Cuadro 7.3: Tiempos de chasquido-eco para la obtención de la velocidad del sonido

7.6 Resultados

Los resultados de las frecuencias de diferentes fuentes están en la Tabla 8.1

7.6.1 Superposición de ondas

Con los datos de la Tabla 7.2 completar la Tabla 7.4.

Fuente	Amplitud [ua]	$y(t=0)$ [ua]	T[s]	$\omega = 2\pi/T$ [rad/s]
Diapasón 1				
Diapasón 2				

Cuadro 7.4: Parámetros de la función de onda sonora

Con los valores de la Tabla 7.4 escribir la ecuación de las dos ondas (ecuación 8.2), y en la pantalla del ordenador observar la superposición de dos ondas.

7.6.2 Velocidad del sonido

A partir de los valores de sonido de la Tabla 7.3, el resultado de la velocidad del sonido con su respectivo error es:

$$v = (\quad \pm \quad) [m/s];$$

7.7 Cuestionario

1. ¿Consiguió una buena aproximación para la superposición de ondas sonoras?
2. ¿Qué dificultades observó en la obtención de la velocidad del sonido?, ¿Afectan esas dificultades a los resultados conseguidos?
3. ¿Por qué es importante activar la opción disparo en el programa LoggerPro, en la medición de la velocidad del sonido?
4. ¿Existe alguna diferencia, si al cerrar el tubo de resonancia en un extremo utiliza la mano, el piso o algún otro objeto?

Medida de Ruido

8.1 Evaluación previa

1. ¿Qué es el ruido?
2. ¿Qué diferencia existe entre ruido y sonido?
3. ¿En qué unidades se mide el nivel de sonido?
4. ¿Cuál es el motivo para introducir la constante I_0 en la obtención de la ecuación del nivel de intensidad sonora (ecuación 8.1)?
5. ¿Qué es el umbral de audición y el umbral de dolor?.
6. ¿Qué es nivel sonoro equivalente?

8.2 Competencias

- Analizar el comportamiento del nivel sonoro en función del tiempo en distintos ambientes del campus universitario, EMI.
- Determinar el nivel sonoro equivalente L_{eq} para un periodo de tiempo.

8.3 Fundamento teórico

El sonido es una sensación percibida por el oído humano, producido por rápidas variaciones de la presión del aire. Las vibraciones producidas por objetos, se transmiten a las moléculas del aire. La velocidad del sonido depende del medio de propagación, por ejemplo; en el aire, es aproximadamente $340m/s$; en el agua $1500m/s$; y en el acero $5000m/s$.

El ruido se define como un sonido indeseado o desagradable, puede producir daños audibles temporales o permanentes. Los daños pueden ser inmediatos o en un periodo prolongado, dependerá de la intensidad del ruido y del tiempo de exposición. Se debe diferenciar entre el nivel de intensidad sonora L (sensación percibida por el oído) y la intensidad sonora I de la fuente que produce el sonido. El nivel de intensidad sonora percibida por el oído humano no es proporcional a la variación de la intensidad sonora de la fuente, sino que es proporcional al logaritmo de la intensidad sonora de la fuente que lo provoca.

$$L = 10 \log \left(\frac{I}{I_0} \right) \quad (8.1)$$

donde I es la intensidad sonora de la fuente, I_0 es la intensidad sonora de referencia.

Para una frecuencia de 1000Hz , la intensidad mínima, corresponde al umbral de audición del oído humano, y tiene un valor de $I = I_0 = 10^{-12}[\text{W}/\text{m}^2]$, y la intensidad máxima corresponde al umbral del dolor del oído humano, tiene un valor de $1[\text{W}/\text{m}^2]$.

Habitualmente el nivel de intensidad sonora varía en función del tiempo. Sin embargo, con propósitos ambientales, interesa conocer el nivel equivalente del nivel sonoro L_{eq} , que expresa el nivel de energía acústica media durante un intervalo de tiempo t , que es igual a la energía del ruido variable en ese intervalo de tiempo. Si se conoce los niveles de intensidad sonora de n medidas discretas, registradas en intervalos de tiempos iguales, el nivel sonoro equivalente total se encuentra con la siguiente expresión:

$$L_{eq} = 10 \log \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{\frac{L_i}{10}} \right] \quad (8.2)$$

donde L_i es el valor medido por el sonómetro.

8.4 Materiales

En la Figura [8.1](#) se muestran los materiales a utilizar en esta práctica.

Sonómetro

Cronómetro

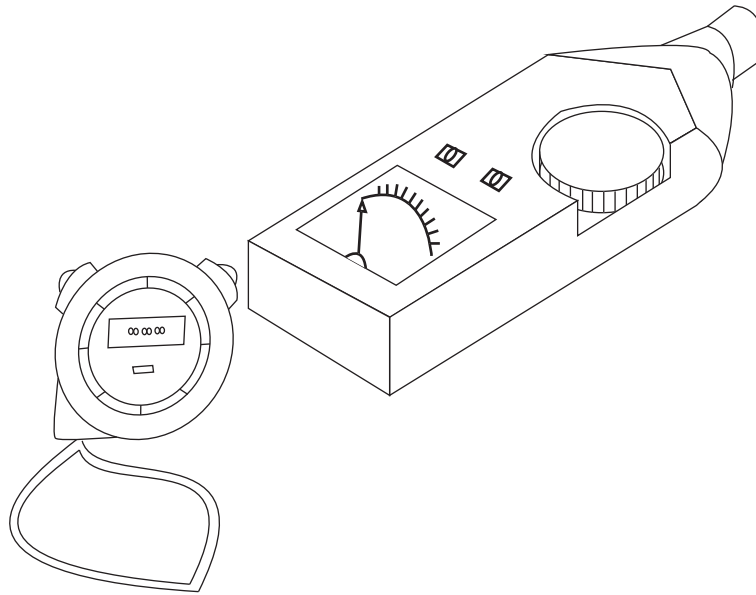


Figura 8.1: Materiales para la práctica medición de ruido

8.5 Procedimiento experimental

- Programar con el docente el día, lugar y hora para realizar el registro de datos en grupo.
- En el aula, practicar el manejo y lectura del sonómetro, por ejemplo registrando datos de nivel de intensidad sonora en intervalos de 10 [s].
- Para registrar el dato, utilizar la escala adecuada, no esperar que la aguja se estabilice, y leer el valor que indica la aguja en el instante requerido (seguir las instrucciones del docente).
- Registrar los datos de ruido con el sonómetro en intervalos de 10 segundos, durante el tiempo que indique el docente. Se sugiere un intervalo de 30 minutos.

8.5.1 Registro de datos y cálculos

Fecha del registro de datos:

Hora de registro

En la Tabla **8.1** registrar las mediciones de los niveles de intensidad sonora.

8.5 Procedimiento experimental

n	$t[s]$	$L_i[dB]$
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		
21		
22		
23		
24		
25		
26		
27		
28		
29		
30		
31		
32		
33		
34		
35		
36		
37		
38		
39		
40		

n	$t[s]$	$L_i[dB]$
41		
42		
43		
44		
45		
46		
47		
48		
49		
50		
51		
52		
53		
54		
55		
56		
57		
58		
59		
60		
61		
62		
63		
64		
65		
66		
67		
68		
69		
70		
71		
72		
73		
74		
75		
76		
77		
78		
79		
80		

n	$t[s]$	$L_i[dB]$
81		
82		
83		
84		
85		
86		
87		
88		
89		
90		
91		
92		
93		
94		
95		
96		
97		
98		
99		
100		
101		
102		
103		
104		
105		
106		
107		
108		
109		
110		
111		
112		
113		
114		
115		
116		
117		
118		
119		
120		

Cuadro 8.1: Datos del nivel sonoro en función del tiempo

8.6 Resultados

Escribir el valor de:

Fecha de registro:

Lugar de registro:

Duración del registro de datos:

Intervalo de tiempos:

Número de datos:

Nivel sonoro equivalente:

8.7 Cuestionario

- ¿Qué intensidad I , corresponde al umbral del dolor, el cual es de $120dB$?
- Un instrumento musical tiene una intensidad de $I = 10^{-5}[W/m^2]$, si se duplica la intensidad, añadiendo otro instrumento musical de la misma intensidad. ¿El nivel de intensidad sonora se duplicará?, caso contrario, ¿Cuál sería el nivel de intensidad sonora?
- Cuatro fuentes sonoras producen niveles de intensidad sonora de $68, 77, 81$ y $85[dB]$ por separado. Al generar los sonidos simultáneamente, las intensidades de las fuentes se suman ya que las fases relativas a las ondas producidas varían aleatoriamente, y por tanto, no se producen fenómenos de interferencia. ¿Cuál será el nivel de intensidad sonora cuando las tres fuentes actúan simultáneamente?